ARIAS-PAZ

MANUAL DE AUTOMÓVILES



MANUAL DE AUTOMÓVILES

M. ARIAS-PAZ
Ingeniero, Coronel de Ingenieros,
ex Director de la Escuela de
Automovilismo del Ejército



MANUAL DE AUTOMÓVILES

55ª
EDICIÓN
Revisada y ampliada



MANUAL DE AUTOMÓVILES

1.ª	edición	1940	36.ª	edición	1968
2.ª	edición	1941	37.ª	edición	1969
3.ª	edición	1942	38.ª	edición	1970
4.ª	edición	1943	39.ª	edición	1971
5.ª	edición	1944	40.ª	edición	1972
6.ª	edición	1945	41.ª	edición	1973
7.ª y 8.ª	ediciones	1946	42.ª	edición	1975-76
9.ª y 10.ª	ediciones	1947	43.ª	edición	1977-78
11.ª y 12.ª	ediciones	1948	44.ª	edición	1979-80
13.ª	edición	1949	45.ª	edición	1980-81
14.ª y 15.ª	ediciones	1950	46.ª	edición	1982
16.ª y 17.ª	ediciones	1951	47.ª	edición	1983
18.ª	edición	1952	48.ª	edición	1986
19.ª	edición	1953	49.ª	edición	1989
20.ª	edición	1954	50.ª	edición	1991
21.ª	edición	1955	50.ª	reimpresión	1994
22.ª y 23.ª	ediciones	1956	51.ª	edición	1995
24.ª	edición	1957	51.ª	reimpresión	1995
25.ª	edición	1958	52.ª	edición	enero 1997
26.ª	edición	1959	52.ª	reimpresión	febrero 1998
27.ª	edición	1960	53.ª	edición	mayo 1999
28.ª	edición	1961	53.ª	reimpresión	junio 2000
33.ª	edición	1965	54.ª	edición	octubre 2001
34.ª	edición	1966	54.ª	reimpresión	marzo 2003
35.ª	edición	1967			

55ª edición Febrero 2004

Avda. Pío XII, 57. 28016 Madrid (España)
www.ciedossat.com
Diseño, maquetación y portada: abarro
ISBN: 84-89656-58-4
Depósito Legal: M-7596-2004
Printed in Spain (Impreso en España)
Revisión: Equipo técnico, Cie Dossat 2000
Luis Hernández Lucas (Director)
Julián Manjón González
Manuel Domínguez Churruca
Montserrat Vecino Llamas
Josefa Fuentes Maqueda
Preimpresión: Galio Digital S.L.

Nota a la 55ª Edición

La Primera Edición del *Manual de Automóviles* se publicó en 1940. En esta 55ª edición se mantiene el criterio de su autor: *"buscar el máximo de concisión y claridad"*. Como Manual, compendia todo lo esencial del automóvil, pues no es posible referirse a todas las variantes de cada fabricante y modelo: el automóvil es una "máquina viva", sujeta a permanentes variaciones. Y también este libro pretende mantenerse vivo, adaptándose a las novedades técnicas que van apareciendo, pero sin cambiar la esencia de su didáctica y sus exposiciones, que son las que han hecho de esta obra el libro de mecánica en castellano más vendido de la historia.

Esta nueva puesta al día del *Manual de Automóviles* que ahora presentamos incorpora al libro las actuales novedades en los sistemas y componentes del automóvil. Se actualizan de forma *contundente* los contenidos referidos a sistemas de encendido, inyección de gasolina, inyección de gasóleo, dirección y transmisión. Se amplían y adaptan a los vehículos actuales las explicaciones sobre el motor, la caja de velocidades, la suspensión y la instalación eléctrica del automóvil.

Como en anteriores ediciones, en la revisión llevada a cabo se ha procurado mantener la didáctica que el autor, D. Manuel Arias-Paz, imprimió a las explicaciones. Se pretende que el lector "entienda" y "vea" los componentes del automóvil, de forma que pueda observar en el coche moderno los sistemas que están explicados en el libro.

Se han incorporado numerosas figuras nuevas de elementos actuales, sobre todo en los capítulos renovados por completo que se citan más arriba. La combinación sencilla de textos y figuras facilita la atención del lector, como ha venido ocurriendo desde hace ya más de sesenta años, cuando se publicó la primera edición.

El editor hace reconocimiento expreso del copyright de las figuras y textos proporcionados por los fabricantes de automóviles y componentes que han participado en esta edición del Manual de Automóviles, y agradece su colaboración.

Advertencia

Al redactar este MANUAL se han tenido presentes las experiencias recogidas en los distintos y numerosos cursos profesados o dirigidos por el autor en la Escuela de Automovilismo del Ejercito y en publicaciones anteriores, especialmente en lo que se refiere al vocabulario empleado, desarrollo de las explicaciones y enseñanza gráfica.

El lenguaje es para el estudioso un medio y no un fin; una herramienta más de la que se vale para realizar su trabajo, todo lo pulida y limpia que se pueda, pero siempre adaptada a la necesidad inmediata de su oficio. Por ello, se han tomado del argot mecánico aquellas palabras que, aun siendo muchas veces voces extranjeras deformadas, son de uso corriente y tienen por sí mismas una significación más precisa que su posible traducción al español.

Por análoga razón, buscando el máximo de concisión y claridad, se ha dado a las explicaciones un carácter elemental que puede sorprender a quien busque exactitud y rigor científicos. Allí donde la práctica ha enseñado que conviene vulgarizar un fenómeno o deformar ligeramente un razonamiento de apariencia complicada para los principiantes, no se ha vacilado en hacerlo y forzar su relieve, conservando, sin embargo, el fondo de veracidad de lo explicado.

Para facilitar el estudio se ha procurado dar la mayor importancia a la presentación gráfica, de modo que con el simple examen de los grabados se pueda formar una primera idea de la constitución y funcionamiento de muchos órganos y mecanismos. En toda las descripciones ha presidido la norma de considerar el texto como auxiliar y complemento de las figuras; y la elección y ejecución de éstas se han cuidado con el mayor interés, para conseguir la más fácil y rápida comprensión, sin necesidad de que la imaginación del lector trabaje fatigosamente sobre las explicaciones escritas.

La extensión del MANUAL puede parecer desproporcionada con la elemental sencillez de sus explicaciones. Pero es tan complicado un automóvil moderno, tiene tal número de instalaciones y diversos aparatos eléctricos y mecanismos, que la descripción de un solo coche ya abarcaría varios centenares de páginas. Si a esto se añaden los diferentes sistemas que para cada elemento emplean las distintas marcas, y sus constantes innovaciones, forzosamente ha de ser extenso un libro que se proponga servir de utilidad a la mayoría de los

conductores profesionales o aficionados, y ser un fiel reflejo de la técnica automovilista más corriente y más moderna.

El lector no debe atemorizarse por la extensión del libro, que está hecho para que pueda conocer el automóvil, sus cuidados y empleo con la mayor facilidad y detalle. Una previa y pausada visión de las figuras le dará a conocer muchas cosas que, además de enseñarle, le incitarán a leer las explicaciones del texto, fomentando su afición al automóvil, esta complicadísima y popular máquina moderna que, bien atendida, no causa enojosos contratiempos y, en cambio, proporciona grandes servicios y satisfacciones, entre otras la notable economía de durar cientos de miles de kilómetros, mientras que tratada sin conocimiento y cuidados eficientes se arruina de prisa, desespera a su conductor y abre una buena sangría en el bolsillo del propietario.

El Editor

Índice

CAPÍTULO 2. LA DISTRIBUCIÓN

CAPÍTULO 3. EL ENGRASE

CAPÍTULO 4. LA REFRIGERACIÓN

CAPÍTULO 5. LA ALIMENTACIÓN

CAPÍTULO 11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

CAPÍTULO 12. EQUIPO ELÉCTRICO

CAPÍTULO 13. ENCENDIDO

2ª. PARTE: EL CHASIS

CAPÍTULO 3. EL PUENTE

CAPÍTULO 4. BASTIDOR Y SUSPENSIÓN

CAPÍTULO 5. PROPULSIÓN

CAPÍTULO 6. DIRECCIÓN

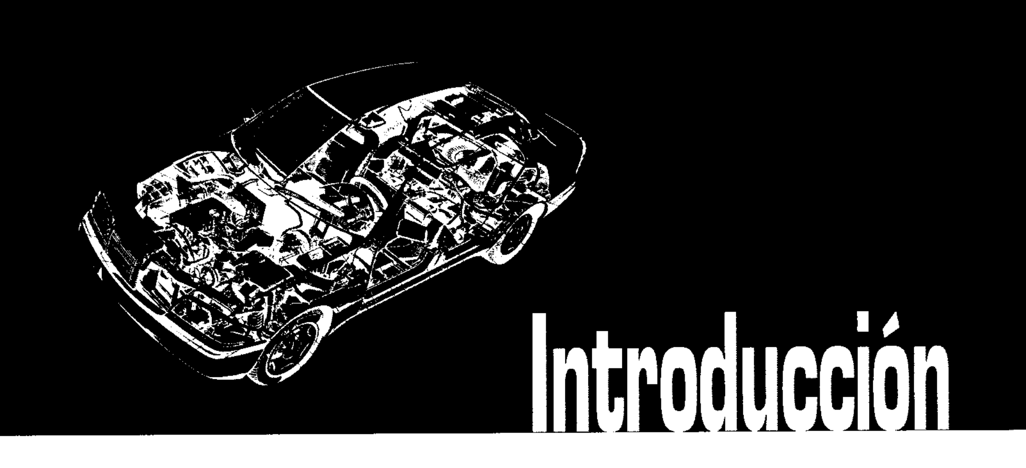
CAPÍTULO 7. FRENOS

3ª PARTE: SEGURIDAD Y CONDUCCIÓN

CAPÍTULO 1. LA SEGURIDAD

CAPÍTULO. 2. LA CONDUCCIÓN

APÉNDICES



Introducción

1. EL AUTOMÓVIL

Definición. La Ley de Seguridad Vial define como automóvil; " vehículo de motor que sirve normalmente para el transporte de personas o cosas, o de ambas a la vez, o para la tracción de otros vehículos con igual fin".

Se desprende de la definición que son automóviles los vehículos que se mueven exclusivamente por sí mismos, sin otra dependencia del exterior y que circulan sin raíles (trenes o tranvías). No se pueden considerar automóviles a los ciclomotores, aunque tengan motor, llevan también pedales como las bicicletas y son considerados ciclos.

En España estos vehículos están matriculados con matrícula distinta a los automóviles, para ciclomotores. Dentro de la definición entran las motocicletas, los turismos, camiones, autobuses y tractores, capaces de trasladarse por medios propios por carretera.

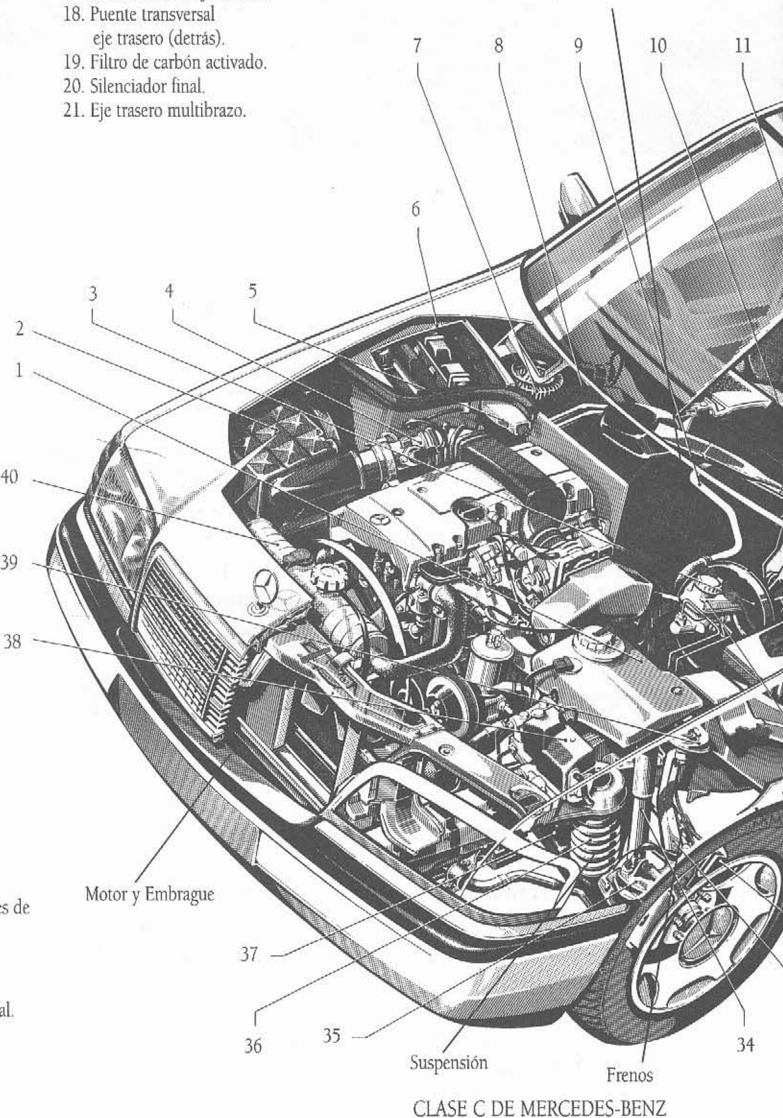
2. ESTUDIO GENERAL DEL AUTOMÓVIL

El automóvil está constituido por el "chasis", que es el armazón o conjunto mecánico del vehículo y la "carrocería", destinada a transportar pasajeros o carga.

El chasis de cualquier automóvil se compone de los siguientes elementos:

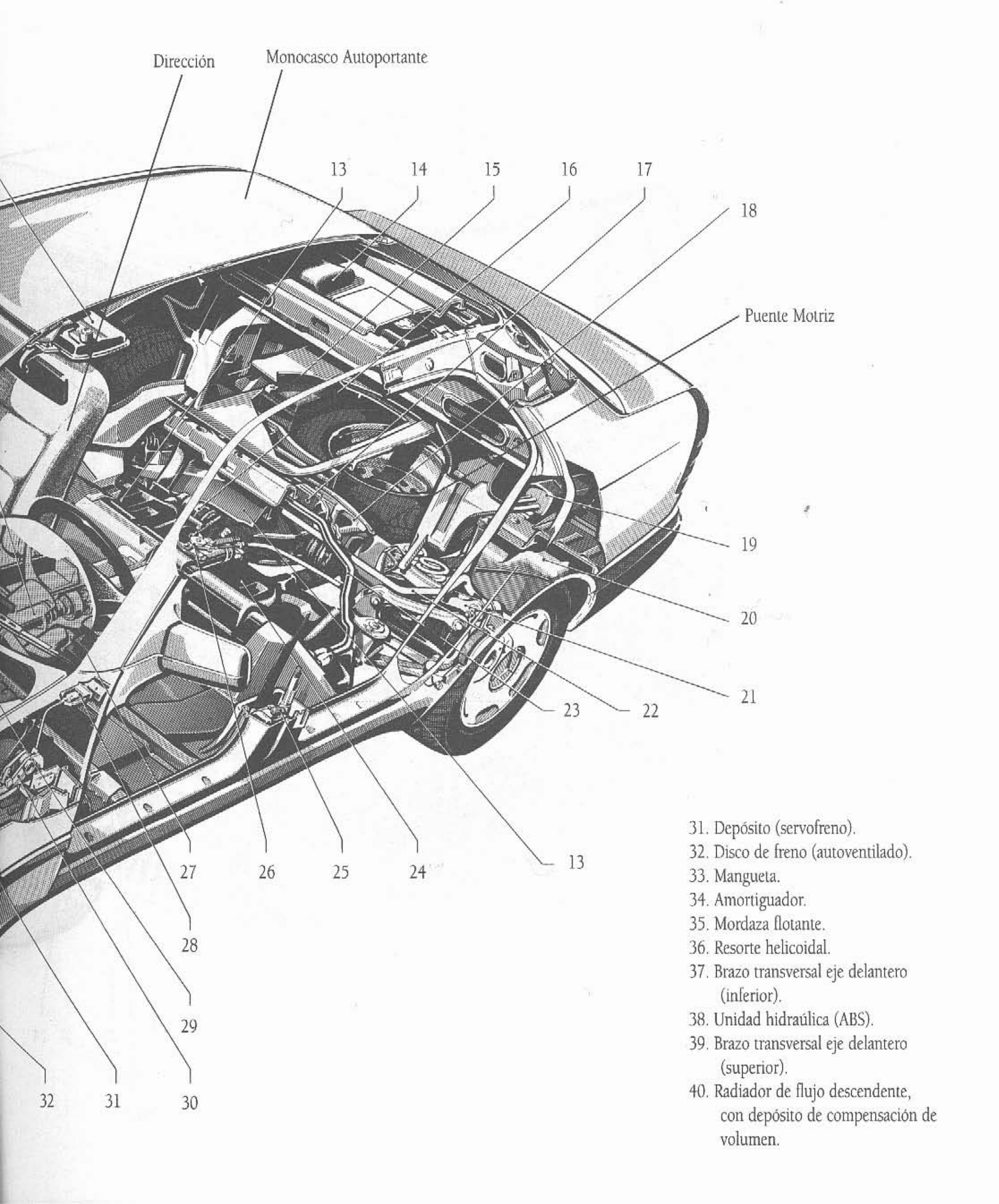
- **Bastidor**, formado por largueros o travesaños, al que se fijan:
  - El **Motor**.
  - La **Transmisión** formada por: **embrague** y **cambio de velocidades** colocadas a continuación del motor, **árbol de transmisión**, en su caso, **puente motriz** delantero o trasero, **diferencial** y **palieres o semiejes** de transmisión.
  - La **Dirección**.
  - Los **Frenos**.
- Los **Ejes delantero y trasero** con las ruedas.
- La **Suspensión** que une los ejes al bastidor.
- El **Sistema eléctrico**.

1. Depósito para el líquido lavacristales.
2. Filtro de aire
3. Servofreno.
4. Caudalímetro de aire por película caliente.
5. Canal para cables.
6. Caja electrónica.
7. Ventilador - Calefacción.
8. Filtro de calefacción.
9. Tubería del circuito de calefacción.
10. Difusor central.
11. Árbol de transmisión.
12. Alumbrado interior.
13. Depósito de combustible.
14. Reposacabezas.
15. Batería.
16. Conjunto de bombas de combustible.
17. Diferencial del eje trasero.
18. Puente transversal eje trasero (detrás).
19. Filtro de carbón activado.
20. Silenciador final.
21. Eje trasero multibrazo.



22. Estabilizador transversal del eje trasero.
23. Tubería de purga del depósito de combustible.
24. Puente transversal del eje trasero (detrás).
25. Tensores de cinturón.
26. Freno de estacionamiento (brazo de sujeción de cables de tracción).
27. Difusor lateral.
28. Tirador para soltar el freno de estacionamiento de pedal.
29. Caja de fusibles y relés.
30. Freno de estacionamiento de pedal.

Figura 1.



31. Depósito (servofreno).
32. Disco de freno (autoventilado).
33. Mangueta.
34. Amortiguador.
35. Mordaza flotante.
36. Resorte helicoidal.
37. Brazo transversal eje delantero (inferior).
38. Unidad hidraúlica (ABS).
39. Brazo transversal eje delantero (superior).
40. Radiador de flujo descendente, con depósito de compensación de volumen.

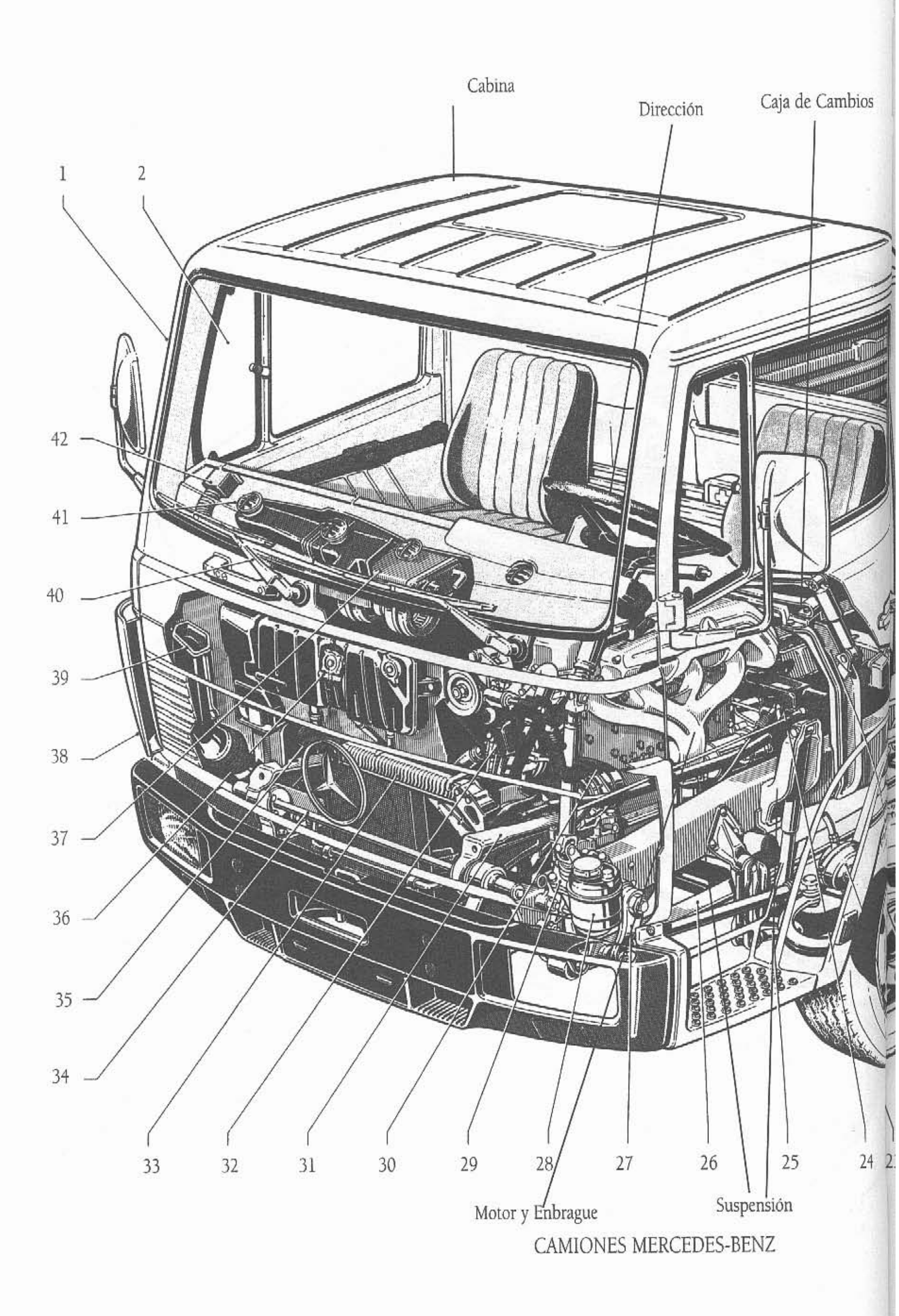
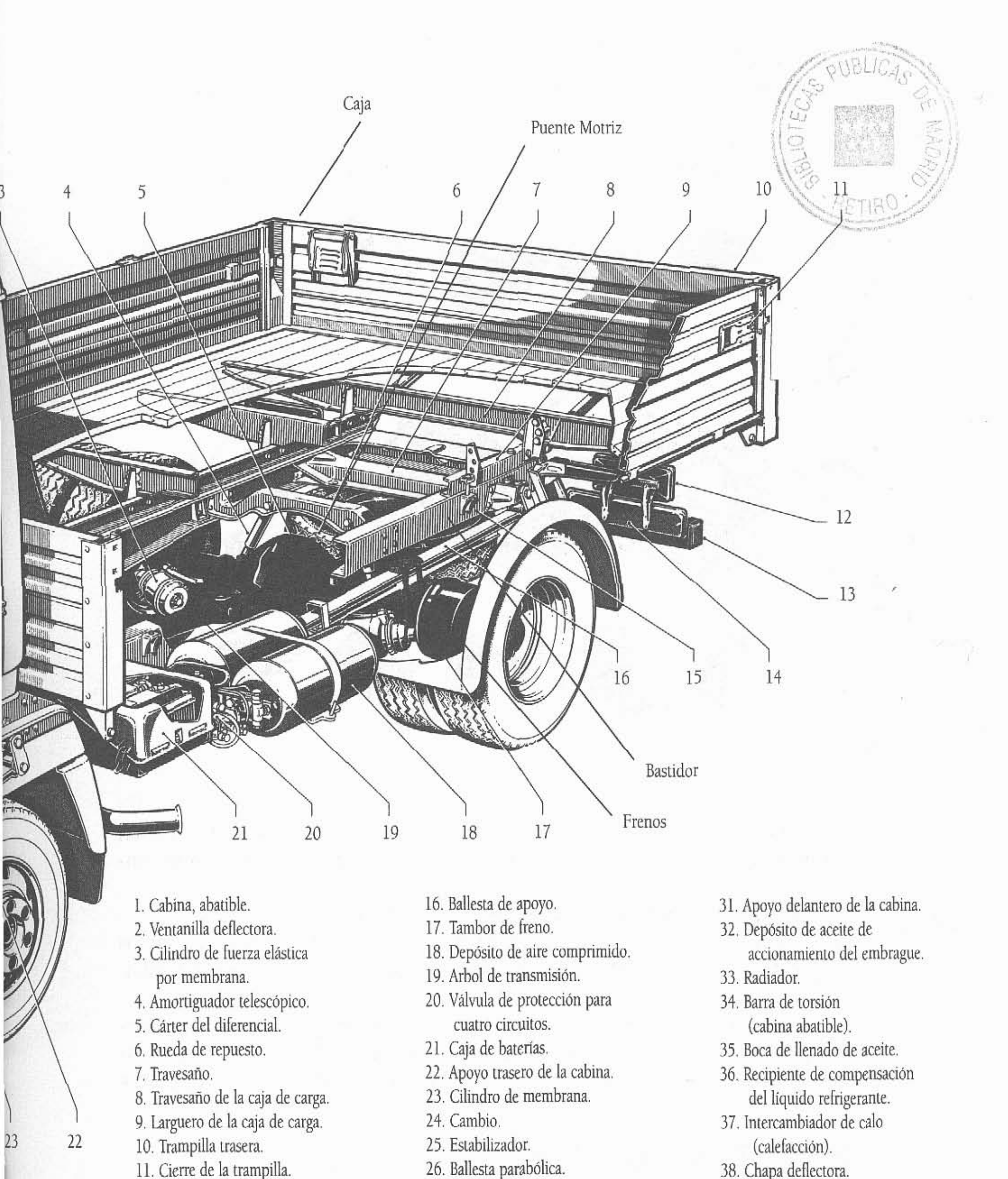

Cabina
Dirección
Caja de Cambios
1
2
42
41
40
39
38
37
36
35
34
33
32
31
30
29
28
27
26
25
24
Motor y Enbrague
Suspensión
CAMIONES MERCEDES-BENZ

Figura 2.



1. Cabina, abatible.
2. Ventanilla deflectora.
3. Cilindro de fuerza elástica por membrana.
4. Amortiguador telescópico.
5. Cárter del diferencial.
6. Rueda de repuesto.
7. Travesaño.
8. Travesaño de la caja de carga.
9. Larguero de la caja de carga.
10. Trampilla trasera.
11. Cierre de la trampilla.
12. Luces traseras.
13. Parachoques.
14. Soporte para placa de matrícula.
15. Bastidor.
16. Ballesta de apoyo.
17. Tambor de freno.
18. Depósito de aire comprimido.
19. Arbol de transmisión.
20. Válvula de protección para cuatro circuitos.
21. Caja de baterías.
22. Apoyo trasero de la cabina.
23. Cilindro de membrana.
24. Cambio.
25. Estabilizador.
26. Ballesta parabólica.
27. Brazo de mando.
28. Depósito de la servodirección.
29. Servodirección.
30. Pedal de embrague.
31. Apoyo delantero de la cabina.
32. Depósito de aceite de accionamiento del embrague.
33. Radiador.
34. Barra de torsión (cabina abatible).
35. Boca de llenado de aceite.
36. Recipiente de compensación del líquido refrigerante.
37. Intercambiador de calo (calefacción).
38. Chapa deflectora.
39. Aspiración de aire.
40. Limpiaparabrisas.
41. Tobera de aire (parabrisas).
42. Tobera de aire (cristal lateral).

2.1. Diferencias de Organización

Siendo el bastidor un elemento del chasis (a veces se llama chasis al bastidor confundiendo los términos), se puede distinguir:

- En los turismos, bastidor y carrocería forman una pieza única, carrocería monocasco o autoportante, donde se sujetan los demás elementos del chasis (Fig. 3).

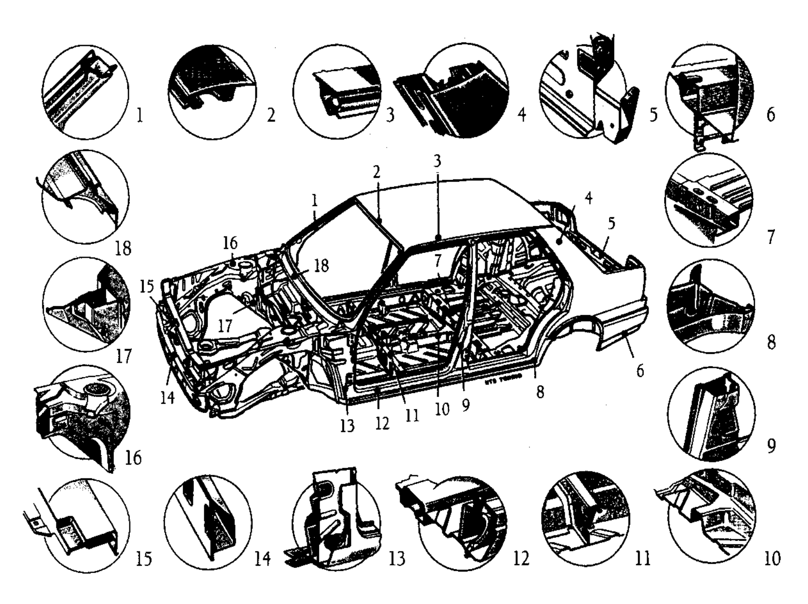


Figura 3.

- En los camiones, el bastidor está separado de la carrocería, que se divide a su vez en **caja** y **cabina**; caja para transporte de mercancías y cabina para transportan al conductor y ayudantes.
  La caja y la cabina se apoyan y sujetan sobre el bastidor.
- En los autobuses, la carrocería es una sola pieza, que compone el habitáculo de los pasajeros y conductor, a veces tiene dos plantas y se apoya y sujeta sobre el bastidor, que está separado de la carrocería.

En las figuras 1 y 2 se representan un turismo y un camión con parte de las carrocerías seccionadas para ver los mecanismos. Se puede ver la colocación de los principales conjuntos del automóvil: Motor, Embrague, Caja de Cambios, Puente motriz, Frenos y Dirección.

3. ELEMENTOS DEL CHASIS

3.1. Bastidor

Está formado por dos largueros y varios travesaños, si es independiente de la carrocería; se construye con chapa de acero forjado en forma de U a la que se le da un tratamiento superficial anticorrosivo, por un procedimiento electrolítico. Las chapas se unen por

medio de remaches, soldadura por puntos y a veces con tornillos, constituyendo una sólida estructura, capaz de soportar las masas de los elementos que se apoyan en él y las vibraciones que se producen en la marcha del automóvil. Se le proporciona además de un pintado de protección final. (Fig.4 y 5).

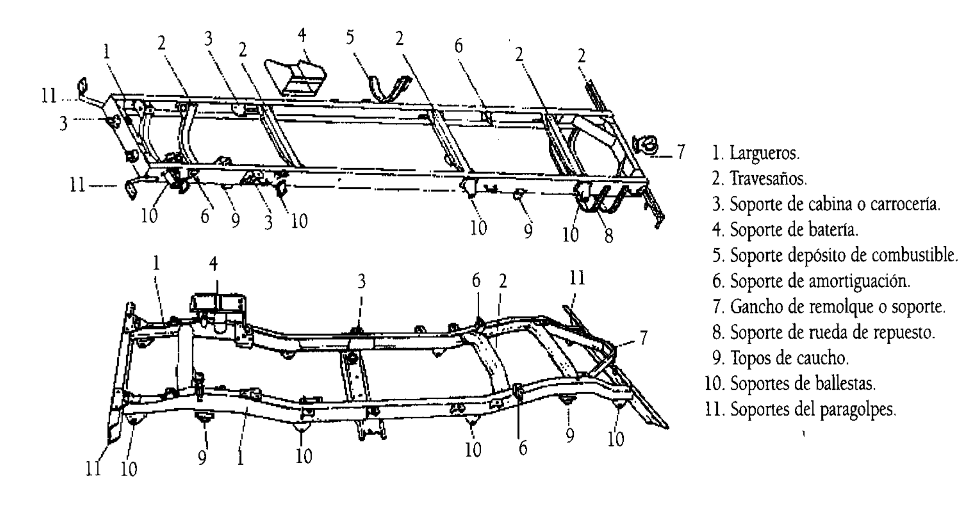


Figura 4

Cuando bastidor y carrocería forman única pieza, monocasco o autoportante, ciertas partes quedan reforzadas para soportar posibles golpes según criterio del fabricante. Se verá en **carrocería** .

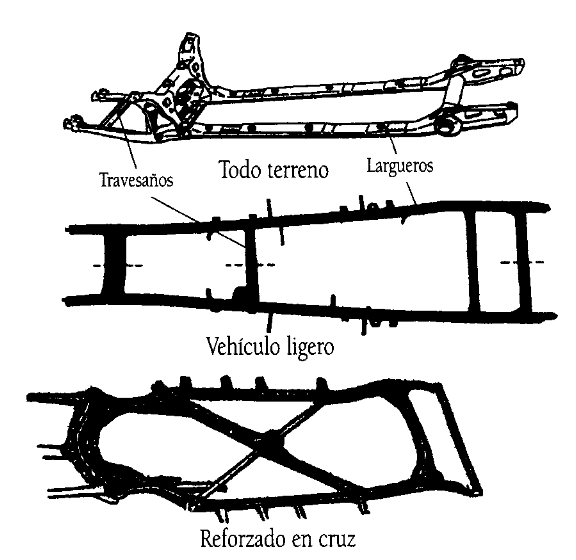


Figura 5

3.2. El Motor

Es un conjunto de piezas que están preparadas para transformar la **energía química** del combustible empleado, mediante un **ciclo térmico de trabajo**, en **energía mecánica** que proporciona movimiento rotativo a su eje y que a través de los elementos de la transmisión es llevado a las ruedas. Está dotado de un **sistema de engrase** que proporciona lubricación a las piezas en continuo roce, de un **sistema de refrigeración** que rebaja las altas temperaturas que se producen, y de un **sistema de alimentación** que proporciona el combustible en condiciones ideales.

El combustible empleado puede ser:

- **Gasolina**, mezclada con el aire en proporción conveniente, se explosiona en un cilindro por medio de un sistema de encendido por **chispa**. El aire aspirado a través de un **filtro** se mezcla con la gasolina, en el **carburador**, en su caso, pasando a través de las válvulas del **sistema de distribución**, al **cilindro**.

La **mezcla**, explosionada produce el movimiento giratorio del eje motor y es expulsada al exterior a través de las **válvulas de escape**, llega al **silenciador** que disminuye el ruido de la explosión y después sale al aire libre.

En la **inyección de gasolina**, sistema mas empleado, el aire tiene un circuito independiente de la gasolina hasta llegar al **colector de admisión** (Inyección Indirecta) o al **cilindro** (Inyección Directa). El aire se mezcla con la gasolina y en el cilindro se produce la explosión por una chispa eléctrica, igual que cuando existe alimentación por carburador. La entrada y salida de gases es regulada por el sistema de la distribución.

- **Gasoil**, el motor aspira aire puro que es comprimido a elevada presión aumentando su temperatura , en el cilindro se introduce el combustible por medio de un **sistema de inyección**, que en finísimas partículas y a elevada presión, se quema al contacto con el aire caliente. Son motores de **combustión interna** (quemado del gasoil) no hay que confundirlos con el motor de explosión de gasolina (mezcla explosionada por chispa), no es lo mismo, ya veremos después que unos tienen un ciclo de trabajo a **Volumen Constante** (gasolina) y los de gasoil tienen un ciclo de trabajo a **Presión Constante**. Unos son de explosión y otros de combustión; algunos textos utilizan el término combustión en la explicación de ambos y no está bien la denominación en los motores de gasolina.

- **Gas natural o propano**, el motor es de constitución similar a los anteriores, con un sistema de alimentación de gas, que mezclado con el aire se explosiona en el cilindro con una chispa eléctrica proporcionada por un sistema de encendido. Son motores de poca potencia, menos empleados.

- **Hidrógeno metanolizado** (MH_2) o **Metanol** que se combina con el Oxígeno en **células de combustible** para producir **energía eléctrica** que mueve un **motor eléctrico**. El Metanol constituye una forma ideal de almacenar el Hidrógeno: es líquido a temperatura ambiente y puede manipularse como la gasolina o el gasóleo.

En la célula de combustible este Hidrógeno "metanolizado" se combina con el Oxígeno produciendo energía eléctrica que mueve un motor eléctrico. Sistema desarrollado por Mercedes Benz, en fase de I+D (Investigación y Desarrollo)..

- Existen **criaderos biológicos de algas** que mezcladas con el aire, arden de forma similar al gasóleo; para su reproducción necesitan luz solar y en la actualidad la producción de este combustible resulta poco rentable. Se utiliza en motores estáticos que pueden producir energía eléctrica. No tiene aplicación en el automóvil.

- El **vehículo del futuro** puede utilizar **energía eléctrica** proporcionada por **batería de acumuladores** que se cargan con **Paneles Solares Fotovoltaicos.**

El **coche eléctrico** ya es una realidad. Antiguamente han existido Trolebuses, que eran Autobuses urbanos propulsados por la energía eléctrica que les suministraba un "Trole" que estaba en contacto con una instalación eléctrica aérea complicada, que servía también para proporcionar energía eléctrica a los Tranvías.

En la actualidad existe la posibilidad de que esa energía eléctrica se la proporcione el propio vehículo con sus **baterías electro-cargables** con la luz solar por medio de Paneles Fotovoltaicos.

Hay que pensar que en ciudad, la velocidad máxima es de 50 km/hora, los vehículos de servicio público, pueden ser impulsados por energía solar, haciendo los mismos más ligeros, empleando materiales como el polímeros y compuestos plásticos que se utilizan en la fabricación de **paragolpes** en coches modernos, en la historia del automóvil existen y han existido modelos de automóviles con motor eléctrico. En el futuro, sobre todo en los vehículos de S. P., se utilizará el **coche eléctrico** con sus enormes ventajas, alimentado por **baterías recargables con energía solar**.

3.3. Órganos de Transmisión

El conjunto de mecanismos que se encargan de llevar el movimiento a las ruedas desde la salida del motor, constituyen la transmisión del vehículo. Esta formado por:

- El Embrague. Unido al volante del motor, por una lado, y a la caja de velocidades por otro, tiene la misión de **permitir** o **no permitir** que el movimiento del motor pase hacia las ruedas. Es accionado con el pedal izquierdo (Fig. 6) de los mandos que utiliza el conductor para llevar el vehículo; si se "pisa" el pedal, el motor queda desconectado y el movimiento no pasa hacia la ruedas, girando motor y embrague en vacío, se dice que hemos "desembragado". Si el pedal de embrague está "suelto" el movimiento del motor pasa a las ruedas a través del embrague. El automóvil está "embragado."

- La Caja de Velocidades. Sirve para aprovechar la potencia del motor, haciendo que el vehículo pueda ir hacia adelante a diferentes velocidades según las variaciones del terreno, o hacia atrás. Se maniobra con la palanca P (Fig. 6)

También permite que aún con el pedal de embrague suelto "motor embragado", el motor gire y el vehículo se mantenga parado (posición de la palanca de cambios en punto muerto).

- El Puente Motriz. Recoge la rotación del motor, transmitida por el embrague y la caja de cambios, haciendo girar las ruedas, que con su reacción con el firme mueven el vehículo. Podrá ser motriz el eje delantero (tracción delantera) o el eje trasero

Mandos en un coche moderno

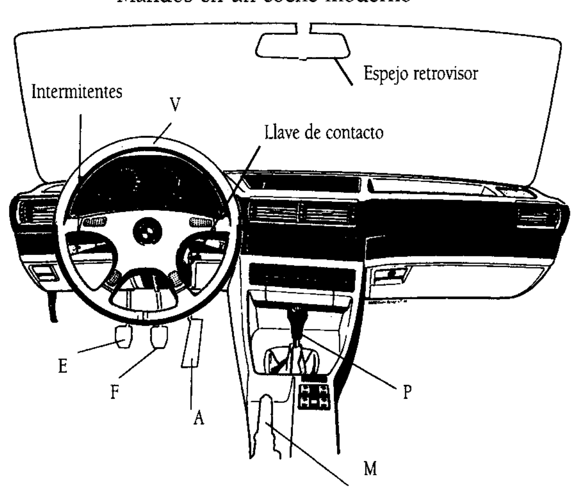
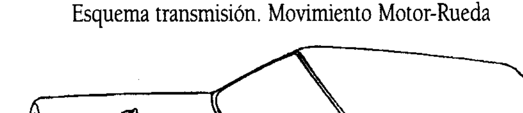


Figura 6..

(propulsión trasera), dentro de él en un caso o en otro va el **par cónico** piñón-corona, que transforma el movimiento rotativo en sentido longitudinal del vehículo, en giro rotativo transversal de los palieres que mueven las ruedas, desmultiplicando a la vez el movimiento. Unido a la corona va el **diferencial**, mecanismo que cuando el coche hace un viraje, permite girar mas a la rueda de fuera que a la del lado de dentro de la curva, facilitando la buena marcha del vehículo.



Esquema transmisión. Movimiento Motor-Rueda

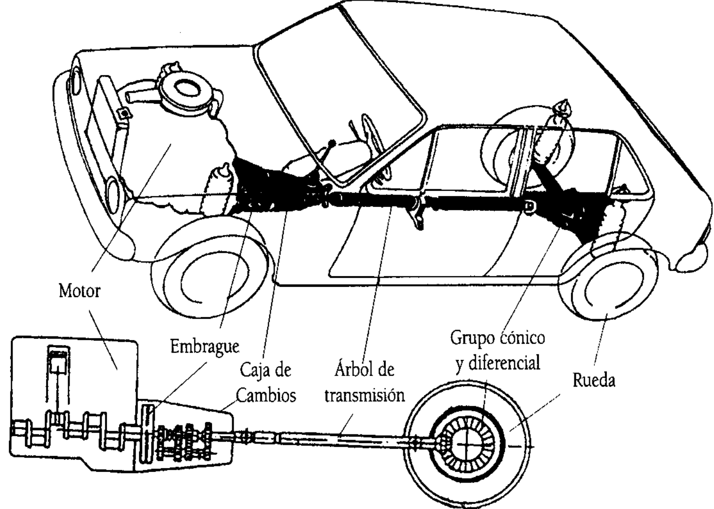


Figura 7.

3.4. La Dirección

Es el conjunto de piezas que transforman el movimiento **rotativo** que el conductor hace en el volante V (Fig. 7), en **giro** de las ruedas sobre su eje, ángulo de giro necesario para dirigir el vehículo. Consigue además que las **oscilaciones** de las ruedas sobre el terreno no se transmitan el volante de mando.

La Ley de S.V dice que todo vehículo automóvil debe ser capaz de circunscribirse en una corona circular de radio exterior 12.50 m, y radio interior de 5.30 m., figura 8.

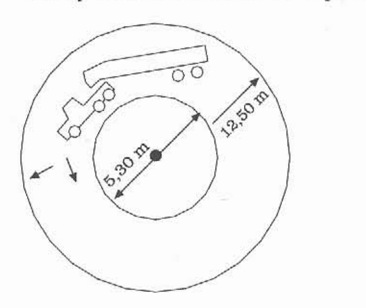
3.5. Los Frenos

Para disminuir la velocidad del vehículo en marcha, o para detenerlo, se usan los frenos que son mandados por el pedal F, (Fig. 6) el de la derecha de los dos iguales, los cuales actúan sobre unos **discos** o **tambores** sobre los que se sujetan las ruedas. La palanca M (Fig.6) sirve para mantener el vehículo inmovilizado una vez que se ha detenido, actuando sobre las ruedas del eje trasero o a la salida de la caja de velocidades.

3.6. La Suspensión

La unión de los ejes delantero y trasero/s al bastidor o monocasco autoportante, en su caso, la realizan los elementos de la suspensión. La forman los **muelles helicoidales**, **ballestas**, **barras de torsión**, **elementos neumáticos** o **hidroneumáticos** que se describirán al tratar este tema, así como los **amortiguadores** de todo tipo.

Cualquier automóvil debe ser capaz de maniobrar en la corona descrita.



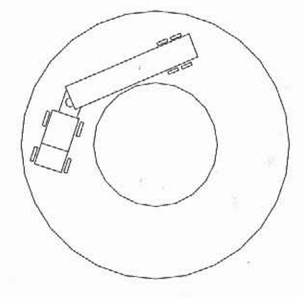


Figura 8.

Permite que las oscilaciones de las ruedas por las irregularidades del terreno, no lleguen a los pasajeros, proporcionándoles confort y seguridad, evitando además que las ruedas pierdan el contacto con el suelo. Los **neumáticos** de las ruedas contribuyen también a una buena suspensión del vehículo.

3.7. Ruedas

La superficie de apoyo del vehículo en el piso es el contacto de la rueda con el mismo, las ruedas tienen influencia en la transmisión, por su reacción con el firme que produce el arrastre del vehículo; son también un elemento de la suspensión absorbiendo irregularidades del terreno y además influyen en la conducción cómoda del vehículo.

Una rueda está formada por una estructura metálica llamada disco unido por tornillos al buje o cubo de rueda, lugar de apoyo en el eje con interposición de cojinetes de bolas o rodillos, y la llanta, parte donde cierra el neumático y en la actualidad formando pieza única con el disco (hace tiempo existían llantas desmontables independientes del disco, Fig. 9).

Exterior al disco y ajustando en la llanta se encuentra el neumático que roza con el pavimento. En su apartado correspondiente descubriremos con detalle el estudio de la rueda.

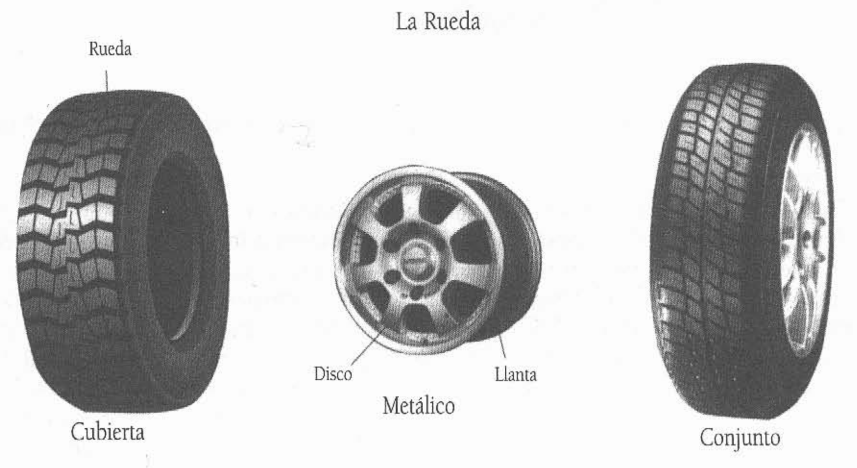


Figura 9.

4. DISPOSICIÓN DEL CHASIS

La colocación de los elementos del chasis, puede variar en algunos conjuntos según el sistema de transmisión empleado:

- Propulsión Trasera.- Normalmente usada en los camiones y autobuses, el vehículo es empujado desde el puente trasero (propulsión), algunos turismos grandes también la emplean. En la figura 1, podemos ver un vehículo Mercedes Benz de la clase C, con motor delantero situado en sentido longitudinal y a continuación se dispone el embrague, caja de velocidades, árbol de transmisión (11) y puente trasero (21).

- Tracción Delantera.

Usada normalmente en los turismos de tipo medio y pequeño, el vehículo es empujado por el eje delantero, que "tira" del mismo (Tracción), el motor delantero se coloca en sentido transversal para favorecer la colocación del embrague, de la caja de velocidades, del par cónico piñón corona y diferencial, que van dentro de la caja de velocidades, pues en este caso no hay árbol de transmisión.

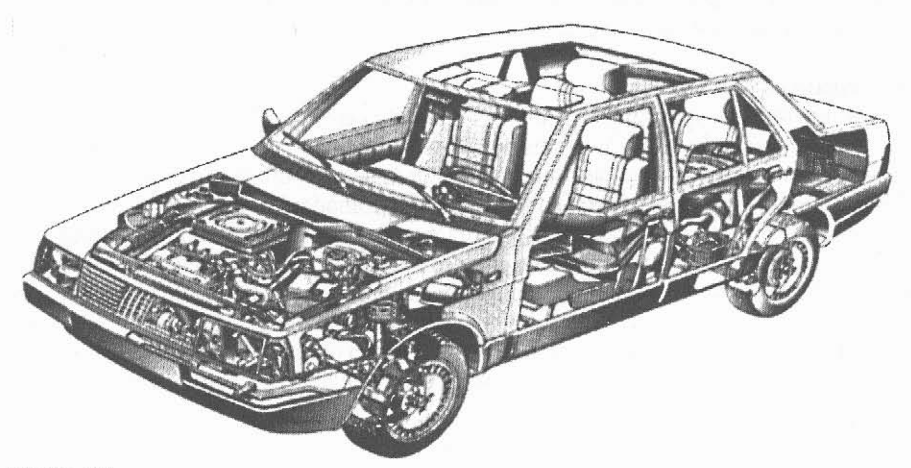


Figura 10.

El motor colocado transversal recibe en toda su longitud el aire de la marcha refrigerándose mejor.

- Propulsión Total.

Las ruedas delanteras y traseras son motrices, se emplea en vehículos todo terreno y en algunos turismos. Es la disposición clásica de 4x4 tracción integral. Los ejes motrices llevan diferenciales que pueden recibir movimiento de una caja reductora, con lo que se amplía la gama de velocidades de las cajas de cambios normales; se tienen 4 ó 5 velocidades normales y 4 ó 5 velocidades cortas en la caja reductora; existe la posibilidad de circular con propulsión trasera utilizando las velocidades normales; con propulsión total, los dos ejes delantero y trasero motrices y velocidades normales en la caja de cambios; con caja reductora, utilizando las velocidades normales desmultiplicadas en la caja reductora, siendo además motrices los ejes delantero y trasero; situación ideal para terreno muy accidentado.

4.1. Comparaciones de la Propulsión y Tracción

Con la propulsión trasera el vehículo tiene ventajas en las rampas, subiendo. En la figura 11 se aprecia:

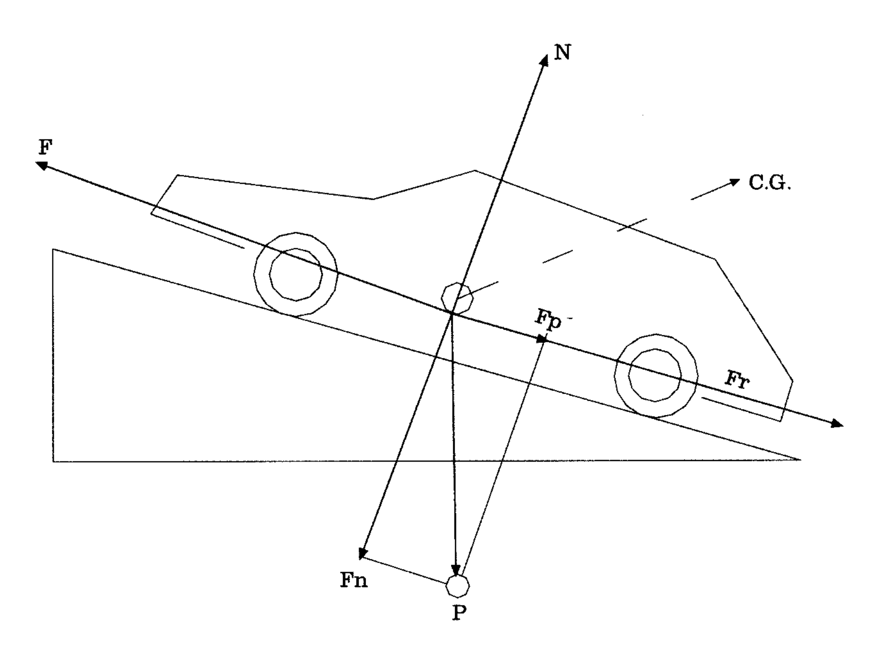


Figura 11.

P: Peso del vehículo o fuerza de gravedad que actúa sobre el centro de gravedad del mismo.

F_n: Fuerza normal que ejerce el peso del vehículo absorbida por la reacción del suelo N.

F_r: Fuerza de rozamiento.

F_p: Fuerza componente de la ejercida por el peso del vehículo.

F: Fuerza que tiene que hacer el motor para tirar del vehículo y vencer la fuerza de rozamiento F_r y la componente del peso P, F_p.

Si las ruedas traseras son motrices, el **agarre** sobre el firme es mejor y el coche podrá aprovechar la potencia del motor, sin que se produzcan resbalamientos.

Se comprende que en caso de que las ruedas delanteras sean las motrices, el peso del vehículo desplazado hacia atrás F_p, hace que pierdan adherencia con el firme, precisamente cuando mas lo necesitan. La tracción delantera no se emplea sobre todo en vehículos pesados, que tendrían grandes dificultades para subir rampas, aumentadas con el pavimento mojado.

En los turismos de poco peso si es más empleada, pues tiene sus ventajas en las curvas y no tantos inconvenientes en las rampas.

Con traccion delantera, figura 12, la fuerza F_m del motor en la curva, se ejerce en el sentido de la misma debido a que el eje delantero es motriz y las ruedas están orientadas para girar, aunque existe una fuerza centrífuga F_c que es perpendicular al radio de la curva, la resultante F_r se acerca al trazado de la misma.

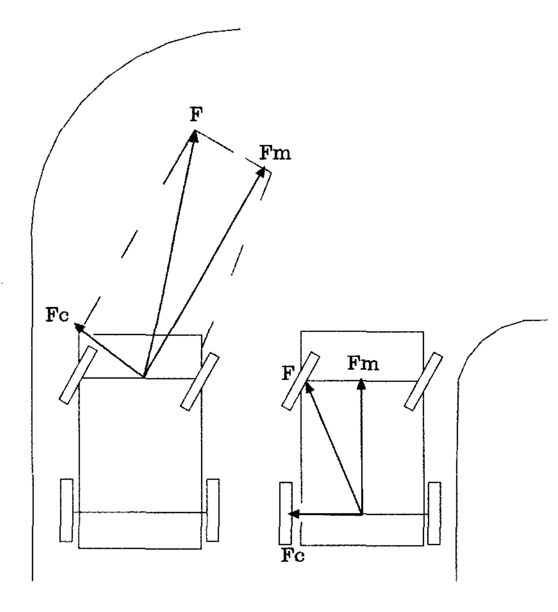


Figura 12.

Con la propulsión trasera, la fuerza del motor actúa en el eje trasero y no está orientado en la curva puesto que sus ruedas no viran con la dirección; la componente con la fuerza centrífuga, se sale hacia fuera de la curva, tanto mas cuanto mayor velocidad lleve el vehículo, con peligro de vuelco o posibilidad de arrastre del mismo (derrape). En vehículos actuales las ruedas **traseras** tienen la posibilidad de **girar cierto ángulo** en las curvas, mejorando el comportamiento del automóvil en las mismas.

Los sistemas de estabilidad de un vehículo y de seguridad, hacen que turismos medianos y vehículos pesados superan estos inconvenientes, empleando la propulsión trasera (Mercedes Benz, en sus clases C D E y S, la clase A lleva tracción delantera).

5. MANDOS

Cuando un conductor se sienta a conducir un automóvil, los mandos se suelen presentar como en la figura 6, en la que V es el volante de dirección, P la palanca con que se manda el cambio de velocidades, M la del freno de mano para mantener el vehículo inmóvil, E el pedal de embrague, F el de los frenos y A el pedal del acelerador.

6. CARROCERÍA

Como soporte de todos los órganos del vehículo, es de la mayor importancia y su evolución constante, con el objetivo de conseguir vehículos más veloces, económicos y seguros. La aerodinámica ha obtenido coeficientes de penetración (Cx) muy bajos. La seguridad ha llevado a introducir laterales monobloques y largueros de deformación progresiva y programada, dando todo ello lugar a la carrocería autoportante o *monobloque*, de estructura rígida e indeformable en el habitáculo y con dos bloques deformables, delantero y trasero, con la finalidad de, a manera de colchón, proteger a aquél. Así mismo incorporan refuerzos en las puertas, acoplados a los montantes, travesaños transversales y longitudinales, en la zona de los pedales y otros en los montantes delanteros, centrales y traviesas del techo.

Aunque hay muchas variedades de carrocerías, todas están basadas en dos tipos básicos:

Carrocería separada del bastidor.

El bastidor se compone normalmente de dos largueros unidos por travesaños, en el que se montan: motor y órganos anejos, transmisión, dirección, frenos y la carrocería.

Carrocería autoportante.

Carece de bastidor y está integrada por bloques que convenientemente unidos forman un resistente casco. En lugares adecuados se colocan refuerzos para la sujeción de los distintos elementos del vehículo. En la figura 4 se muestra una carrocería autoportante, perteneciente a un Fiat Croma, en la que se pueden apreciar la complejidad de los distintos perfiles que la integran.

La tendencia actual es a aumentar las superficies acristaladas, especialmente en autobuses, y al uso de materiales reciclables empleando otros nuevos que aunque más ligeros son más resistentes, como el aluminio, el plástico reforzado con fibra de vidrio, resina de poliester, y exposy, más resistente que el acero y que en caso de colisión leve puede recuperar su forma original; paragolpes con elementos amortiguadores integrados de poliuretano autorregenerable; la fibra de carbono, más ligera y resistente que las anteriores, aunque de precio más elevado, y el polipropileno, reciclable y de alto coeficiente de dilatación lineal.

Carrocería separada del bastidor.

Se tiende a aumentar las formas redondeadas para mejorar el coeficiente aerodinámico C_X que permite una mejor penetración en el viento. El aire que encuentra el vehículo en su marcha, produce:

El aire que roza por arriba, tiende a fijar mas el vehículo hacia el firme, mejorando el agarre. figura 13.

El aire que pasa por debajo del coche tiende a levantarlo disminuyendo el agarre.

Los vehículos de carrocerías mas bajas son más estables, el centro de gravedad está mas bajo. Se tiende a reducir el espacio de entrada de aire por la parte inferior, con formas de carrocerías y colocación de **spoiler** o faldones laterales.

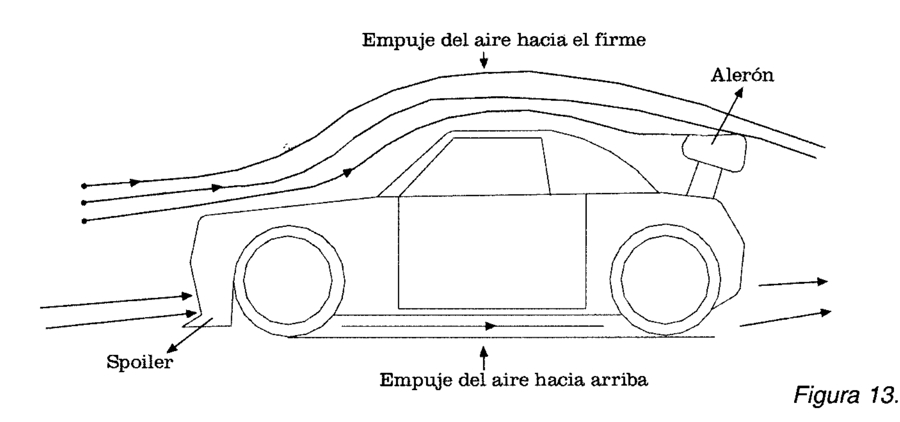


Figura 13.

Se colocan **alerones** sobre la carrocería para aumentar el efecto de empuje hacia el suelo del aire que roza la carrocería por arriba.

Las cabinas de los camiones en su parte alta llevan **deflectores** que mejoran el coeficiente aerodinámico del vehículo.

Los tipos de cristal de seguridad utilizados en los automóviles son:

Cristal laminado. Compuesto por una hoja de materia plástica transparente, aprisionada por dos capas de cristal que al romperse no se vuelven opacas. Un impacto sólo forma una pequeña estrella en el lugar del choque, sin que se astille el cristal.
Cristal templado. Es fuerte, pero debido a tensiones internas se divide al romperse en multitud de pequeños fragmentos. Al ser golpeado por un objeto puede volverse totalmente opaco. En la actualidad no se emplea.

El diseño de los parachoques tiene gran importancia, especialmente en impactos pequeños, ya que deben de evitar se dañe la carrocería. Han de ser fuertes pero no rígidos.

Por razones de seguridad el depósito de combustible ha de ubicarse en un lugar totalmente separado del habitáculo. El depósito y el tubo de llenado han de estar diseñados de modo que se eviten las salidas de combustible en caso de, por ejemplo, colisión o vuelco.

La seguridad y longevidad de la carrocería depende en gran parte de su resistencia a la corrosión, que se contrarresta evitando acumulaciones de humedad y con tratamiento anticorrosivo. Por razones económicas y de fabricación no se generaliza el empleo de materiales no corrosivos.

El primer paso en el tratamiento anticorrosivo es una preparación esmerada de la superficie a tratar, procediendo, según el caso: se descascarilla, desoxida, desengrasa, decapa, trata con chorro de arena, se esmerila o pule y después se aplican diferentes capas de pintura, bien a pistola o por inmersión. Los tratamientos más empleados en la actualidad son la “electroforesis” y la “cataforesis”, por inmersión del material. Estos tratamientos se complementan con las siguientes medidas: protección antigravilla de los bajos del vehículo, reducción del número de piezas y de puntos de soldaduras, estructura multicapa de la pintura, carrocería de una primera capa de resina artificial barnizada, protección de PVC aplicada en bajos y zonas vulnerables tras las ruedas, cavidades y bajos del vehículo tratados con cera protectora, enmasillado y sellado de las juntas de la carrocería.

A fin de conseguir el menor nivel sonoro posible en el habitáculo, hay que aislar los ruidos procedentes del exterior como viento, motor, neumáticos, vibraciones, etc. Ello se obtiene mediante el diseño de la carrocería, alfombrillas, aislantes, burletes de goma de estanqueidad, casquillos de goma, tapizado, etc.

Por el aspecto exterior de sus carrocerías, los automóviles reciben distintas denominaciones:

Sedán o berlina: automóvil cuya carrocería está totalmente recubierta por un techo rígido, con cuatro o cinco plazas. Llevan dos puertas a cada lado y cuatro o seis ventanas laterales (Fig. 14).
Sedán convertible: sedán en el que el techo puede plegarse



Figura 14.



Figura 15.

Coupé (cupé): automóvil de carrocería cubierta con techo rígido, con dos plazas y sólo dos puertas (Fig. 15).

Cabriolet: automóvil con dos puertas, de dos o cuatro plazas, con capota plegable (Fig. 16).



Figura 16.

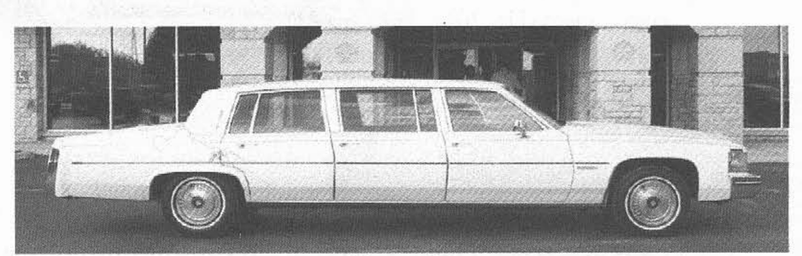


Figura 17.

Limousine: automóvil generalmente de grandes dimensiones, con cuatro o cinco plazas, además de unos asientos plegables para poder aumentar su capacidad (hasta nueve). El aspecto general de la carrocería es impresionanate (Fig. 17).

Familiar: llamado también *ranchera o break*. Es una variante de sedán en el que la parte trasera ha sido alargada y provisto de una o dos puertas abatibles (Fig. 18).



Figura 18.



Figura 19.

Todo terreno: automóvil 4x4, de utilización mixta, sobre asfalto y campo a través, con techo rígido o desmontable, y de cuatro o cinco plazas, ampliables en el tipo *wagon* de cinco puertas (Fig. 19).

Fastback: automóvil con techo inclinado hacia atrás y que termina formando un corte brusco (Fig. 20).



Figura 20.



Figura 21.

Monovolumen: automóvil compacto, donde el habitáculo del conductor y pasajeros forman un espacio amplio que ocupa toda la carrocería. Más funcional que el familiar y para menos pasajeros (Fig. 21).



Furgón: Camión con cabina integrada en el resto de la carrocería (Fig. 22).

Figura 22.



Plataforma: Vehículo destinado al transporte de mercancías sobre una superficie plana, sin protecciones laterales (Fig. 23).

Figura 23.



Porta contenedores: Vehículo destinado al transporte de contenedores mediante dispositivos expresamente adecuados para su estiba (Fig. 24).

Figura 24.



Caja abierta: Vehículo destinado al transporte de mecancías en un recinto abierto (Fig. 25).

Figura 25.



Figura 26.

Caja cerrada: Vehículo destinado al transporte de mercancías en un recinto totalmente cerrado (Fig. 26).

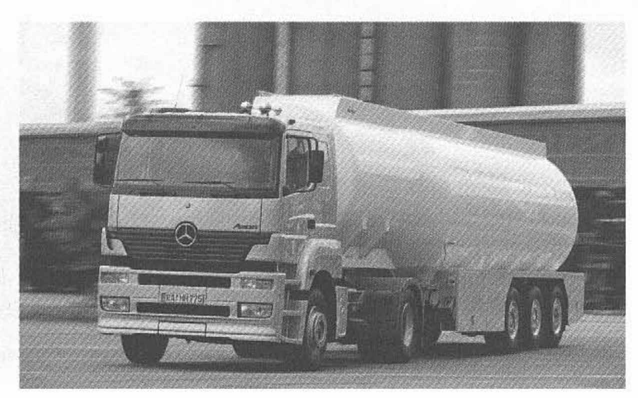


Figura 27.

Cisterna: Vehículo destinado al transporte de líquidos a granel o gases licuados. Pueden ir provistos de "parasol" para evitar calentamientos (Fig. 27).

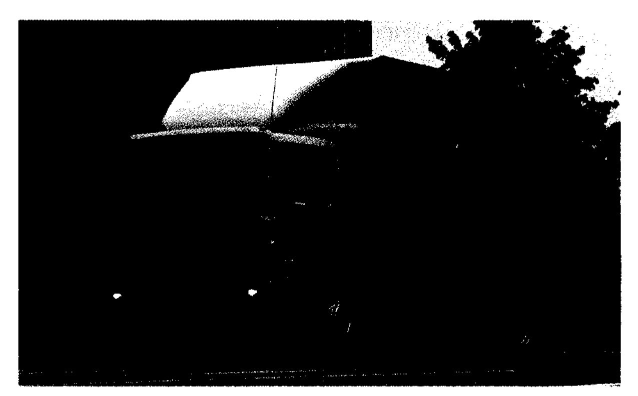


Figura 28.

Capitoné: Caja cerrada acolchada o adaptada, especialmente en su interior, para el transporte de mercancías frágiles (Fig. 28).

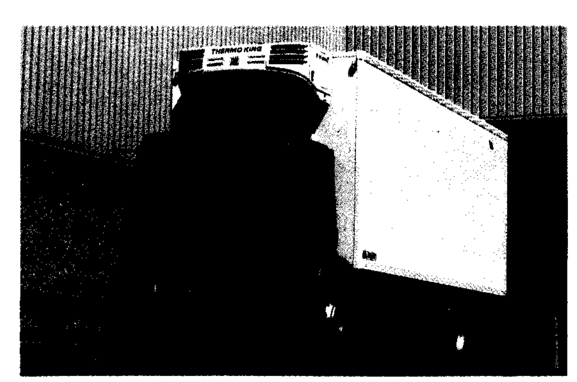


Figura 29.

Isotermo: Vehículo cuya caja está construida con materiales aislantes que permiten limitar intercambios de calor. Pueden ser:
- Normal IN
- Reforzado IR

La diferencia se mide con un coeficiente "K" de transmisión térmica.

$K = W/m^2$ °c = nos da la idea del grado de aislamiento de la caja, la medición es potencia en watios de transmisión por m^2 y grados centígrados de temperatura. Para: IN = 0,7. Para IR = 0,74 (Fig. 29).

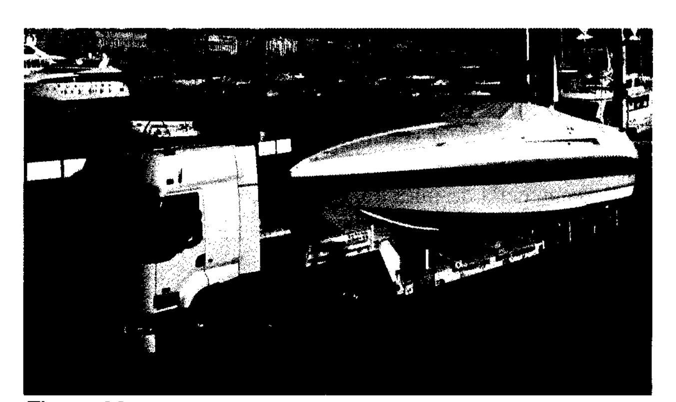


Figura 30.

Góndola: Vehículo cuya plataforma de carga tiene una altura muy reducida (Fig. 30).

Refrigerante: Vehículo isotermo que mantiene la temperatura a través de una fuente de frío distinta de un equipo mecánico o de absorción. El elemento puede ser líquido carbónico o gases licuados. Permite mantener la caja, con una temperatura exterior de 30°, a:
IR clase A: 7° como máximo
IR clase B: -10° como máximo
IR clase C: -20° como máximo
IR clase D: 0° como máximo
Estas temperaturas las mantendrá con dispositivos apropiados, con compartimentos o depósitos reservados para el medio refrigerante, que deberá ser cargado desde el exterior (Fig. 31).



Figura 31.



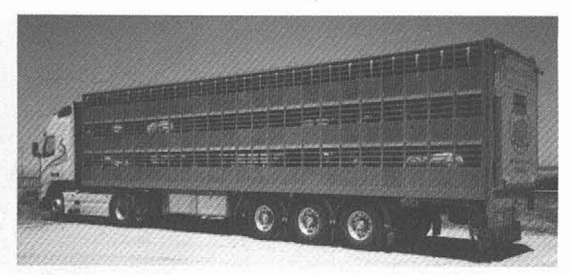
Figura 32.

Frigorífico: Vehículo isotérmico provisto de un dispositivo de producción de frío individual mecánico, que permita para una tempertatura exterior media de 30°C, conservar en el interior de la caja las siguientes temperaturas:
Clase A: entre 12° y 0°.
Clase B: entre 12° y -10°.
Clase C: entre 12° y 20°.
Clase D: 0° como máximo.
Clase E: -10° como máximo. (Fig. 32).

Calorífico: Vehículo isotérmico provisto de dispositivo de calor que permite elevar la temperatura en el interior de la caja vacía y mantenerla después durante 12 horas al menos a una temperatura mínima de 12°C, siendo la temperatura media exterior:
Clase A: -10°C
Clase B: -20°C
(Fig. 33)



Figura 33.



Jaula: Vehículo destinado al transporte de animales vivos (Fig. 34).

Figura 34.



Figura 35.

Botellero: Vehículo adaptado para el transporte de botellas o bombonas (Fig. 35).



Portavehículos: Vehículo especialmente adaptado, en dos plantas, para el transporte de otros vehícuos (Fig. 36).

Figura 36.

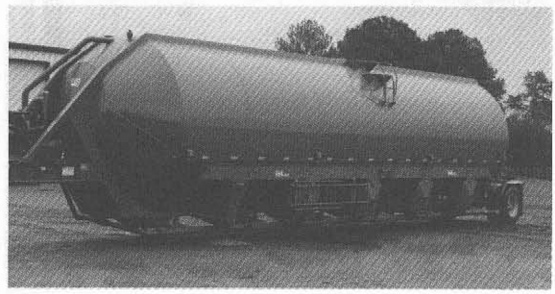


Figura 37.

Silo o Tolva: Vehículo adaptado para el transporte de materias sólidas pulverulentas o granulosas (Fig. 37).

Basculante: Vehículo previsto de un mecanismo que permite elevar y/o girar la caja para efectuar una descarga trasera o lateral (Fig. 38).



Figura 38.



Figura 39.

Dumper: Camión pequeño basculante de construcción reforzada, de gran maniobrabilidad y apto para todo terreno (Fig. 39).

Blindado: Vehículo destinado al transporte de personas de caja cerrada, reforzada especialmente mediante un blindaje (Fig. 40).



Figura 40.

Hormigonera: Vehículo construido para transportar hormigón, pudiendo efectuar su mezcla durante el transporte (Fig. 41).



Figura 41.



Figura 42.

Vehículo articulado: Conjunto de vehículos formado por una cabeza tractora y un semiremolque que apoya sobre la cabeza tractora en la denominada 5ª rueda (Fig. 42).

Conjunto de vehículos: Vehículo tractor que arrastra un remolque (Fig. 43).



Figura 43.



Figura 44.

Autobús: Vehículo destinado al transporte de personas con más de nueve plazas, incluído el conductor (Fig. 44).

Microbús: Vehículo destinado al transporte de personas hasta diecisiete plazas y más de nueve, incluido el conductor (Fig. 45).



Figura 45.



Figura 46.

Autobús articulado: Autobús con remolque acoplado con capacidad para el transporte de personas (Fig. 46).

Capítulo 1

El Motor

1. MOTORES MONOCILÍNDRICOS

1.1. Generalidades

Un motor es una máquina que transforma cualquier tipo de energía que se le aplique, en energía mecánica para obtener movimiento.

En el automóvil, al describir los elementos del Chasis, en concreto el motor, citamos los combustibles que se emplean. En este capítulo vamos a estudiar el motor de gasolina o de explosión.

Es un motor térmico que transforma la energía química de la gasolina en energía mecánica para obtener movimiento, mediante un proceso térmico de funcionamiento. La gasolina mezclada con el aire en proporción conveniente, se comprime en un cilindro mediante un pistón o émbolo y se hace explosionar la mezcla por medio de una chispa proporcionada por un sistema de encendido. La enorme fuerza explosiva es recibida por el pistón y se convierte en energía mecánica por el mecanismo clásico de biela-manivela. (la manivela está formada por dos brazos del cigüeñal y la muñequilla que une los mismos).

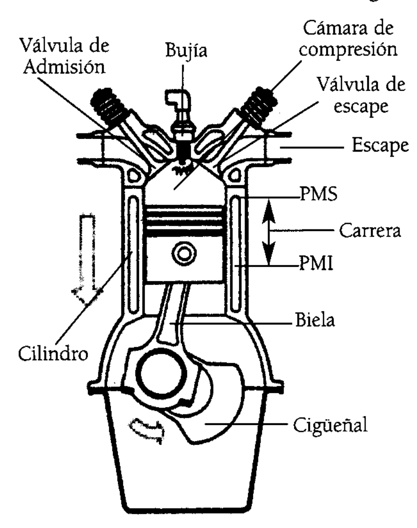


Figura 1.1.

1.2. Descripción del motor de un cilindro

Dentro de cada *cilindro* (Fig.1.1), tapado por la parte alta con la culata, y ajustándose a sus paredes, se desliza arriba y abajo un *pistón o émbolo*, que por una *biela*, articulada en ambos extremos, se enlaza a la *muñequilla o codo* del *cigüeñal*, que es el eje de giro cuya rotación se transmite a las ruedas.

Cuando el pistón recibe, por su parte alta, la explosión de la mezcla aire-gasolina, se desplaza con fuerza hacia abajo y su movimiento rectilíneo se convierte, por medio de la biela, en movimiento circular (giro del cigüeñal). Recíprocamente, si éste gira, el pistón a él enlazado por la biela tendrá que moverse arriba y abajo del cilindro. La posición más baja del codo corresponde al punto más bajo del recorrido del émbolo, donde cambia de dirección su movimiento rectilíneo, pues si el cigüeñal sigue girando, el pistón, que antes bajaba, tendrá que subir; esta posición conjunta más baja del codo y del pistón se llama *punto muerto inferior* (PMI). Cuando el codo del cigüeñal está lo más alto posible, también el pistón está en la parte más elevada de su recorrido, donde cambia nuevamente de sentido su movimiento al seguir girando el cigüeñal; es el *punto muerto superior(PMS)*.

El *volante* es una rueda pesada, montada en el cigüeñal, y que actúa en la forma que se explicará.

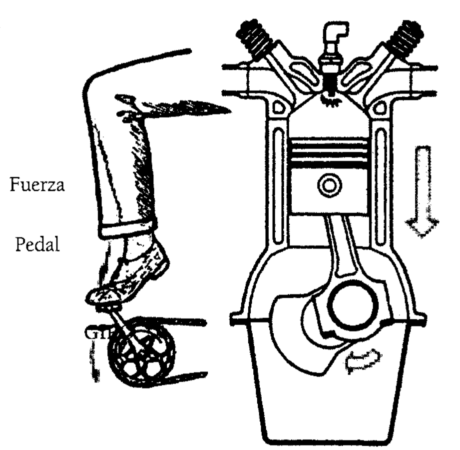


Figura 1.2.

El cilindro (Fig. 1.2) está tapado por la parte superior con la **culata,** pieza que tiene dos conductos: uno de admisión, para que se introduzca la mezcla, con una o dos válvulas A, (válvulas de admisión) y otro de **escape** para evacuar los gases al exterior con una o dos válvulas (válvulas de escape) E. La culata lleva también un orificio en el que se introduce el **bujía** y la zona de las válvulas y de la bujía en la culata están situadas en un espacio cóncavo que forma la **cámara de compresión** o cámara de explosión. La culata tiene también unos vaciados alrededor de los asientos de válvula para que circule el agua de la refrigeración.

El recorrido del pistón del PMS al PMI se llama *carrera.*

Una explicación gráfica de como funciona el motor se ve en la figura 1.2: el movimiento lineal del pistón se transforma en circular mediante la biela y el cigüeñal, pues está unido a este último, a través de los extremos de la biela.

1.3. El ciclo de cuatro tiempos (a volumen constante)

Para explicar el funcionamiento del motor, se supone que está ya girando, bien en régimen normal o bien porque se le obliga a girar con el arranque eléctrico moviendo el volante. Para que el motor funcione por sí solo es necesario que el pistón haga cuatro recorridos: dos de arriba abajo y dos de abajo arriba; en cada uno de ellos ocurre en el interior del cilindro una operación distinta (Fig.1.3), y por eso se llama *ciclo de cuatro tiempos* o de Otto, que fue su realizador.

– *Primer tiempo: Admisión.*

El pistón se encuentra en el PMS y comienza a descender creando un vacío en el cilindro, cuyo espacio libre aumenta a medida que desciende el pistón, la mezcla de aire-gaso-

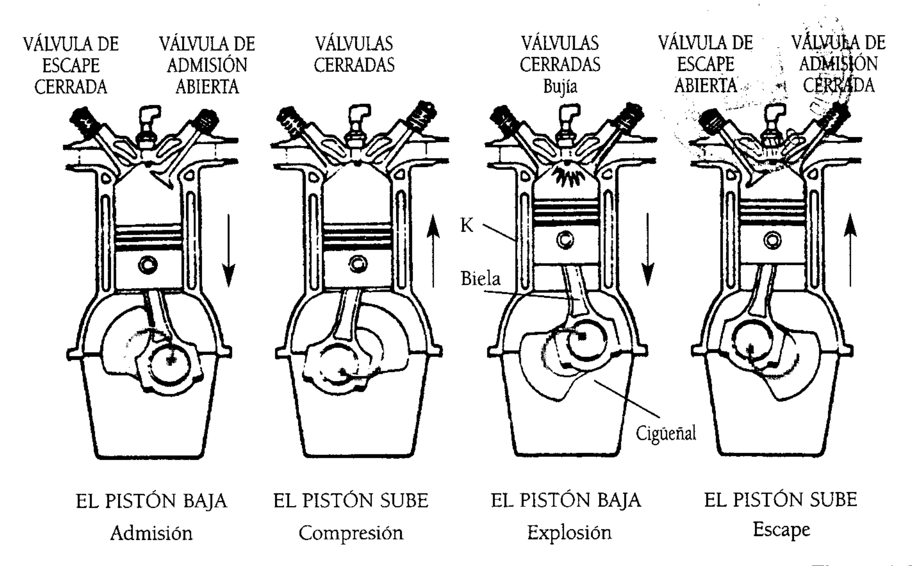


Figura 1.3.

lina proporcionada por el sistema de alimentación va llenando el cilindro a través del colector de admisión y de la válvula de admisión. Cuando el pistón llega al PMI se cierra la válvula. En este tiempo el cigüeñal ha girado media vuelta. Si representamos en un eje de coordenadas, los valores de la presión interior del cilindro (Fig. 1.4), alcanzada por los gases y el volumen que ocupa el pistón desde el PMS al PMI, vemos que en este tiempo teóricamente los gases han entrado a la presión atmosférica de 1.033 Kp/cm^2, debido a la depresión creada por el pistón. El valor de la presión está representado por la recta A, que se llama **Isóbara**.

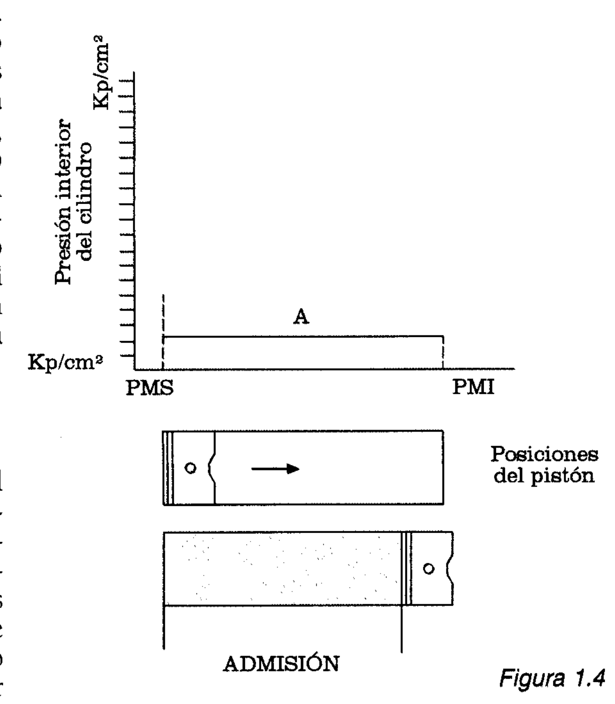


Figura 1.4

- Segundo Tiempo: Compresión.

El pistón sube del PMI al PMS manteniéndose las válvulas cerradas. Los gases que llenaban el cilindro van ocupando un espacio cada vez mas reducido, la presión interior de los mismos se eleva, así como su temperatura, hasta ocupar

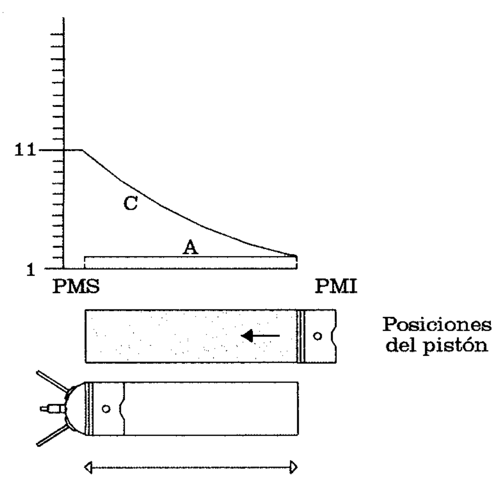


Figura 1.5.

el espacio de la cámara de compresión en la culata, cuando el pistón llega al PMS (fig. 1.5).

La presión interior de los gases ha ido subiendo al mismo tiempo que el espacio ocupado ha ido en disminución, hasta quedar reducidos los gases a la cámara de compresión de la culata, a una presión de 11 Kp/cm² aproximadamente y según tipos de motor.

Se ha producido una compresión **adiabática** C.

La temperatura de los gases se ha elevado.

El cigüeñal ha girado otra media vuelta.

- *Tercer Tiempo: Explosión.*

Estando los gases comprimidos en la cámara de compresión, con el pistón en el PMS salta una chispa en la bujía que produce la explosión de la mezcla teóricamente instantánea, que empuja al pistón hacia abajo, transmitiéndose por la biela un fuerte giro al cigüeñal, que a su vez recibe el volante, almacenando una energía que después devolverá en los tiempos muertos de Escape, Admisión y Compresión. Las válvulas han permanecido cerradas. Se ha producido una **carrera motriz**, un tiempo efectivo, los otros tres son de preparación y el cigüeñal ha dado otra media vuelta (fig. 1.6).

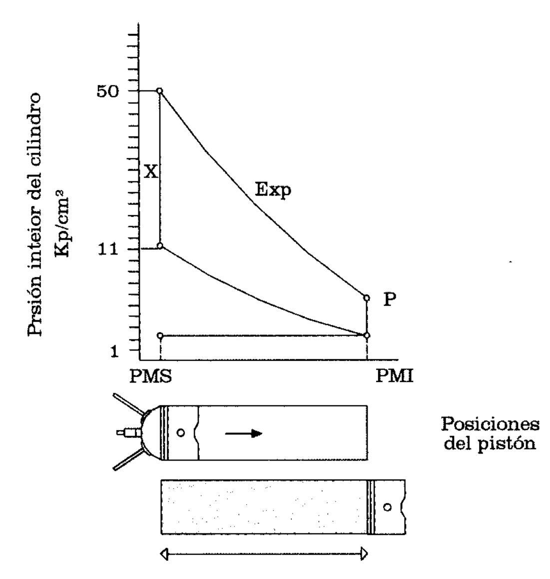


Figura 1.6.

La presión interior de los gases se ha elevado con la explosión a 50-60 Kp/cm² de forma instantánea, teóricamente, cuando el pistón se encuentra en el PMS. Se dice que este ciclo es a VOLUMEN CONSTANTE, porque se produce la explosión con el pistón en el PMS sin que se cree más presión cuando el pistón baja, es como un **golpetazo** que recibe el mismo. El ciclo Diesel es distinto como luego se verá.

El pistón desciende hasta el PMI produciéndose una expansión adiabática, las dos válvulas se mantienen cerradas y al final, la presión tiene un valor P, hasta que se abre la válvula de escape y se iguala con la atmosférica.

Cuarto Tiempo: Escape

Estando el pistón en el PMI se abre la válvula de escape, baja la presión interior del cilindro de P a P_a, presión atmosférica, el pistón sube empujando los gases hacia la salida conservándose el valor de la presión. La línea E, **Isóbara**, representa el tiempo de escape . El cigüeñal ha dado otra media vuelta (Fig. 1.7).

En el PMS se cierra la válvula de escape y vuelve a empezar el ciclo. La superficie S del diagrama indicador da idea del trabajo desarrollado por el motor, cuanto mayor sea la superficie, mayor trabajo se ha realizado y más potencia del motor habremos obtenido.

El cigüeñal ha dado dos vueltas en el ciclo y hemos obtenido una explosión o carrera motriz útil habiendo tres tiempos auxiliares de preparación.

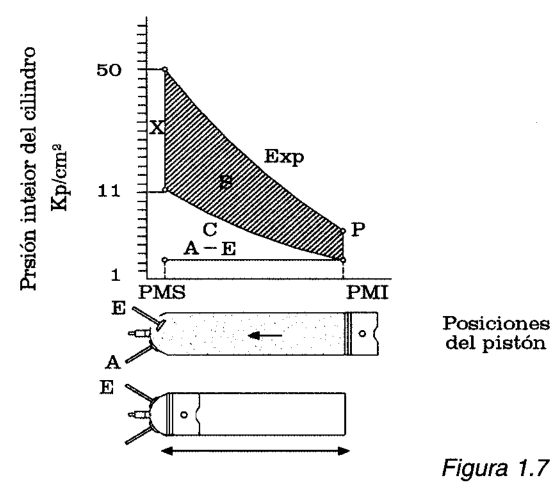


Figura 1.7

1.4. Ciclo práctico

El comportamiento de un motor durante su fases o tiempos de trabajo no se realiza con la exactitud del ciclo teórico expuesto, hay unos factores que hacen que el trabajo desarrollado por el ciclo teórico descrito sea menor, la mezcla no entra en el cilindro de forma instantánea, el llenado no es perfecto a la presión atmosférica, hay pérdidas de calor y no se consiguen las presiones teóricas expuestas, son ligeramente inferiores, la superficie útil del diagrama indicador en el ciclo práctico es inferior a la del ciclo teórico.

Para mejorar el rendimiento del motor las válvulas de admisión y escape no se abren y cierran en los puntos muertos superior e inferior, se modifican sus tiempos de apertura y cierre. La explosión no es instantánea, tarda un cierto tiempo en producirse, muy pequeño, pero las grandes velocidades que adquiere el pistón en su movimiento hace que sea preciso modificar el momento en que se produce la chispa de encendido.

Todo ello contribuye a que en la práctica el motor de explosión funcione de la siguiente forma:

- *Primer tiempo: Admisión.*

Durante este tiempo el llenado del cilindro no se produce a la presión atmosférica, sino con un valor menor. Por muy bien que ajusten los segmentos en el cilindro el vacío que produce el pistón no es perfecto, siempre hay pérdidas; además el recorrido de los gases está sujeto a roces en las paredes del colector de admisión, que hacen que el llenado no sea perfecto y que la presión interior del cilindro esté por debajo de la atmosférica.

Para remediar en parte estas pérdidas, la válvula de admisión, se abre antes de que el pistón llegue al PMS (AAA), unos 20° aproximados, de promedio, de giro de cigüeñal, cuando ya finalizaba el tiempo del escape, dependiendo del tipo de motor. La mezcla así empieza a entrar antes en el cilindro. Esta cota en algunos motores **no existe**, Audi A3,

Mercedes Benz Sprinter 601-602, retrasan incluso el momento de apertura, existe un **RAA**, se abre la válvula de admisión cuando ya baja el pistón.

Es general en todos los motores que exista retraso al cierre de la admisión RCA: la válvula de admisión se cierra después de que el pistón pase por el PMI. Durante la carrera descendente del pistón los gases siguen entrando y la inercia adquirida por los mismos hace que se siga llenando el cilindro aún después de que el pistón pase por el PMI, manteniendo la válvula de admisión abierta. Se relacionan unos ejemplos de motores actuales con las cotas dadas por el fabricante a las válvulas de admisión, en las que se aprecia la innovación que supone, con respecto a motores más antiguos, el comentado RAA (Retraso a la apertura de la Admisión).

Mercedes Sprinter Motor 601-602	RCA- 17°	RAA- 11° y 37°
Audi A3 Diesel	RCA- 25°	RAA- 16°
Volkswagen 1.95 TD y 2.5 TD	RCA- 20° y 28°	RAA- 6° y 8°
Fiat Punto DS y 1.9 TD	RCA- 37° y 26°	RAA- 5° y 0°
Peugeot 1.6 16 válvulas	RCA- 18° y 22°	RAA- 1° y 5°

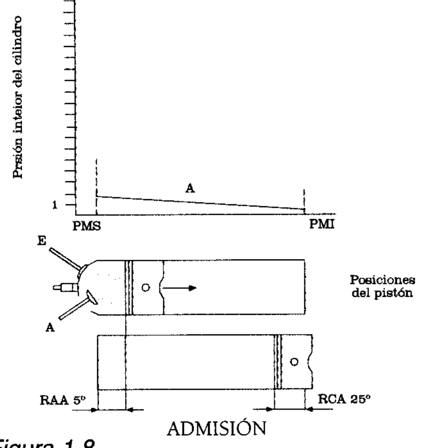


Figura 1.8.

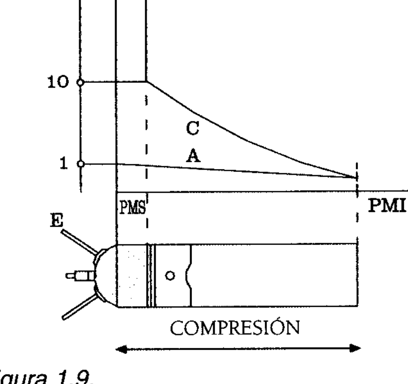


Figura 1.9.

En la figura 1.8 se representa el valor de la presión interna de los gases, según la posición del pistón.

Se abre la válvula de Admisión 5ª después de que el pistón pase por el PMS los gases contenidos en el colector de admisión entran cuando el pistón ha empezado a bajar, creando una depresión tal que al abrir la válvula se acelera la entrada de gases.

Existe un RCA de 25°, la inercia adquirida por los gases hace que sigan entrando al cilindro aún cuando el pistón sube haciendo ya compresión.

Segundo Tiempo: Compresión.- Igual en el ciclo teórico y práctico, los gases son reducidos a la cámara de compresión. Las pérdidas de calor que se producen hace que la presión interior disminuya con respecto al ciclo teórico, alcanzándose valores de 9 Kp/cm^2 a 10 Kp/cm^2 (Fig. 1.9).

- Tercer tiempo: Explosión

La chispa de encendido salta antes de que el pistón llegue al PMS del tiempo de compresión. Hay que considerar que la explosión no es instantánea, tarda un cierto tiempo. Al saltar la chispa se explosionan las capas de mezcla más próximas a la bujía, el frente de llama avanza hacia las capas más alejadas. Con el objeto de que la expansión de los gases se aproveche al máximo, se hace saltar la chispa unos grados de giro antes de que el pistón llegue al PMS así mientras se comunica la explosión a toda la mezcla, el pistón se sitúa en el PMS empezando a bajar, momento ideal para recibir la onda expansiva (Fig. 1.10).

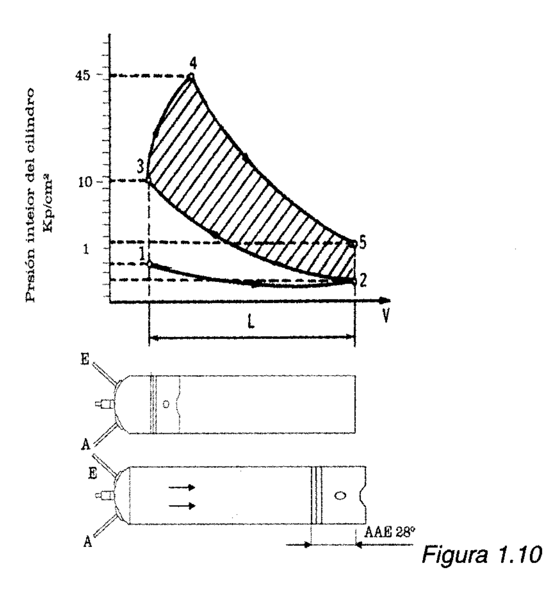


Figura 1.10

Cuarto Tiempo: Escape. Es general en todos los motores un cierto avance a la apertura del escape (A.A.E), del orden de 18° a 37°. Es tendencia actual, avanzar el cierre del escape A.C.E, con lo que se disminuye o se evita el giro de Solape (las dos válvulas abiertas al mismo tiempo), que se producía con la cota de R.C.E, que existía y aún existe en motores menos actuales. Se citan algunos ejemplos de motores actuales con las cotas de reglaje en las válvulas de escape y su comparación con las válvulas de admisión (Fig. 1.11):

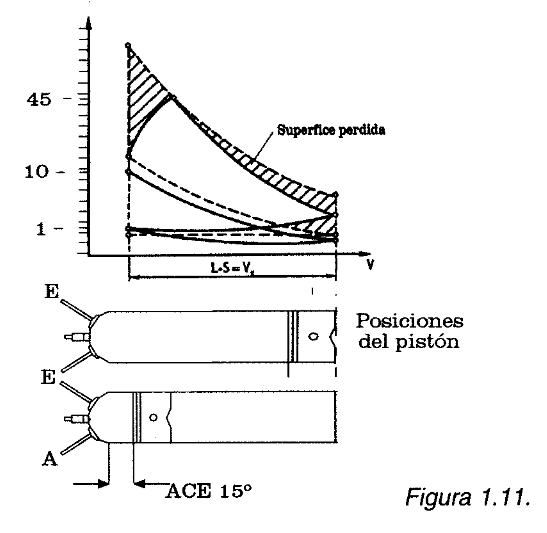


Figura 1.11.

Audi A3 Diesel	AAE 28°	ACE 19°	RAA 16° No hay solape
Mercedes Sprinter	AAE 28°	ACE 15°	RAA 11° No hay solape
Volkswagen 1,9 y 2,5	AAE 25° y 37°	ACE 6° Y 10°	RAA 6° y 8° No hay solape
Fiat Punto DS y 1,9 JTD	AAE 31° y 40°	ACE 3° y 2°	AAA 5° y 0°

En el primer caso hay 2° de Solape: la válvula de Escape se cierra 3° antes del PMS, y la de Admisión se abre 5° antes del PMS, luego están 2° de giro del cigüeñal abiertas. En el segundo caso no coinciden, no hay solape.

Peugeot 1,6 y 16 Válvulas AAE 18° y 14° ACE 8° y 4 RAA 1° Y 5° No hay solape.

1.5. Traslapo o Solape

Tiene ésta denominación el tiempo que transcurre estando **abiertas** las válvulas de admisión y escape de un cilindro, expresado en grados de giro del cigüeñal. En la actualidad es poco frecuente, era producido por la conveniencia de aumentar los tiempos de apertura de las válvulas citadas para mejorar el llenado y barrido de los gases. En la actualidad y como se puede ver en los ejemplos anteriormente expuestos, no existe el solapo, los fabricantes no creen conveniente que las dos válvulas permanezcan abiertas a la vez. Los avances alcanzados en el estudio de la circulación de los gases en los conductos de admisión y escape, ha permitido optimizar el diseño de los mismos haciendo que la "respiración" del motor sea más intensa, sin que exista peligro de que haya una comunicación de gases frescos con los gases quemados que disminuya la potencia del motor. En la fig. 1.12

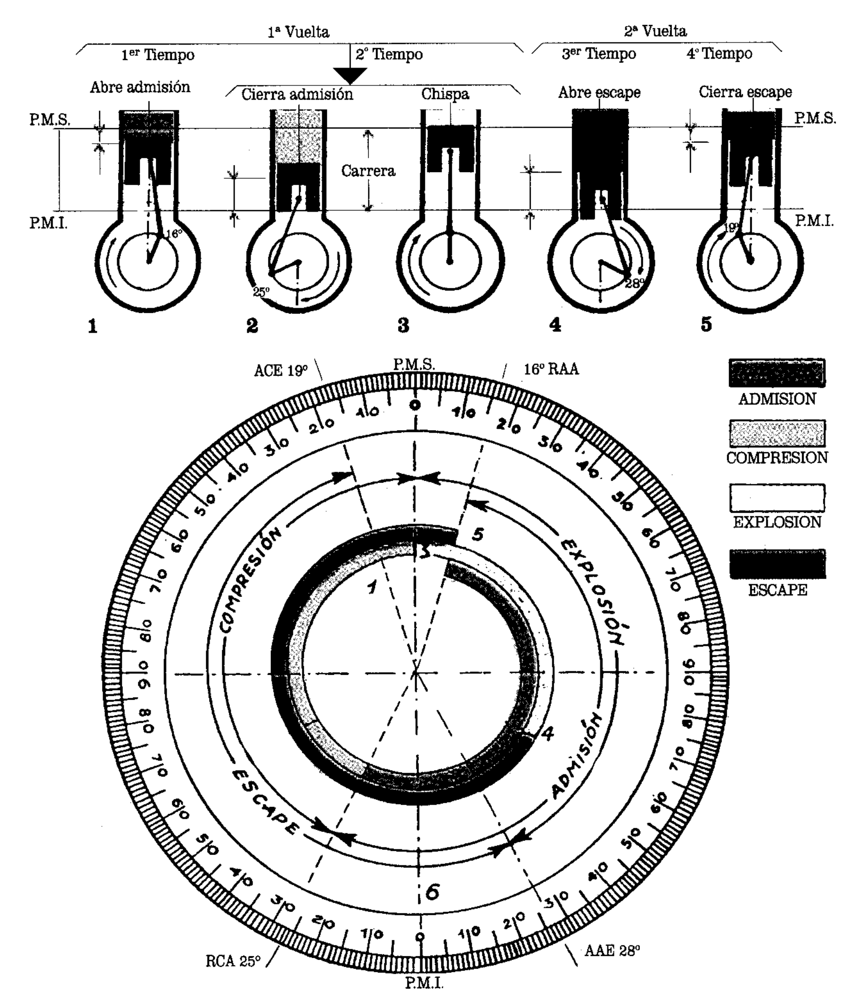


Gráfico del ciclo real de cuatro tiempos (cotas de reglaje angulares, en grados.

Figura 1.12.

se detalla el ciclo práctico para un motor con las cotas del primer ejemplo anterior puesto: RAA16° Y RCA 25°. AAE 28° Y ACE 19°.

Las cotas se pueden marcar en el volante del motor, que para uno que gire a derechas, como es normal, desde la posición del volante el giro se ve a izquierdas y sobre él, se ha dividido la circunferencia exterior en grados de giro. En el interior se ha pintado el arco de giro correspondiente a cada tiempo con los instantes de apertura y cierre de las válvulas. En el detalle 1, se expresa la posición del émbolo (no a escala) cuando se abre la válvula de Admisión, 16° después del PMS pasa el pistón por el PMI, y se cierra la válvula, 25° de retraso (detalle 2). La Admisión ha durado 180°-16°+25°= 189° marcados en el interior desde RAA hasta RCA. Luego viene la Compresión (detalle 3) y la Explosión. Cuando faltan 28° para que el pistón llegue al PMI, se abre la válvula de Escape (detalle 4) y se cierra 19° antes de que el pistón llegue al PMS (detalle 5). El Escape ha durado 180+28°-19°=189°. En el detalle 6 se ven comparadas gráficamente las duraciones de cada tiempo del ciclo y se observa que desde el cierre de la válvula de escape hasta la apertura de la válvula de admisión hay un ángulo de 45°, no hay solape, durante ese ángulo de giro del cigüeñal, las dos válvulas están cerradas. La tendencia actual es semejante en todos los motores, no se pierden por el escape gases frescos ni se mezclan con los quemados, existe una respiración del motor "sin contaminación

1.6. Elementos que componen el motor. Explicación detallada

En un motor de automóvil, se pueden distinguir, para su estudio, los elementos fijos o estáticos necesarios para su funcionamiento (cárter, cilindros, culata y colectores), y los elementos móviles o dinámicos, que durante el funcionamiento del mismo están sometidos a altas temperaturas y grandes esfuerzos (pistón, biela, cigüeñal, volante motor y dámper).

1.6.1. El cilindro

En su interior se producen los cuatro tiempos del ciclo y dentro de él se desliza el pistón con movimiento alternativo entre el PMS y el PMI, por lo que las paredes del cilindro tienen un acabado cuidado, el acabado final de un cilindro en la pared que roza con el pistón, debe ser cuidado pero sin llegar a tener un pulimento de espejo, en la actualidad los cilindros se dejan con un "rayado" final en el pulimento, para que las paredes retengan las partículas de aceite, necesarias para una buena lubricación. Las máquinas pulidoras que dan el último acabado, dejan hecho este rayado.

En los motores de varios cilindros es corriente fundirlos todos en una sola pieza llamada **bloque**. Cuando el tamaño de los cilindros es muy grande, suelen fundirse de dos en dos para mayor facilidad de fabricación, cosa que ocurre principalmente en algunos motores para camión. El material empleado para su construcción es la fundición (hierro y carbono en una proporción de C superior a 1,8%).

En las oquedades del bloque motor destinadas a los cilindros, se insertan unas camisas o forros de fundición aleada, que forman realmente el cilindro y en su exterior, forman unos con otros las cámaras de agua (Fig. 1.13) se llaman **camisas "húmedas"** por estar en contacto con el agua de la refri-

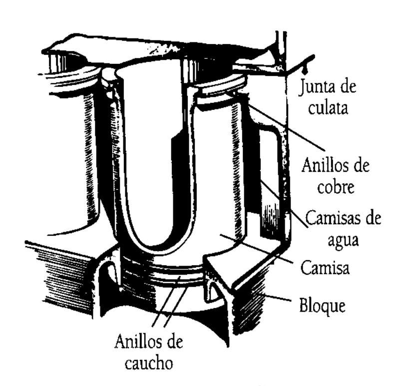


Figura 1.13.

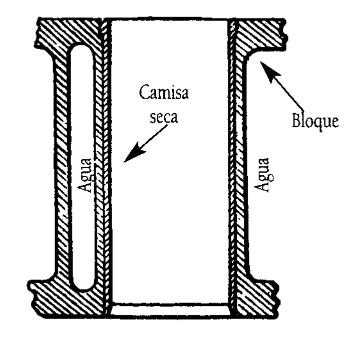


Figura 1.14.

geración. Llevan unos anillos de cobre, en la parte superior, y caucho sintético especial, en la parte inferior que evitan las fugas de agua. Estas camisas, no se reparan cuando se produce una avería por "gripaje" del pistón o cuando tienen desgaste excesivo; se cambian por otras nuevas y en el juego de reposición están los anillos citados de estanqueidad.

En otros motores se emplea el sistema de "**camisa seca**", forros de acero que se insertan a presión en el bloque, que es quien tiene las cámaras de agua (Fig. 1.14) las camisas secas, pueden rectificarse a sobre medida cuando sea necesario por avería o gripaje o por desgaste, los fabricantes tienen pistones sobre medida para acoplar en caso de rectificado, cada fabricante determina el numero de sobre medidas que admiten los cilindros.

Las camisas húmedas, son mejor refrigeradas y se emplean en los motores Diesel y motores de altas prestaciones, son de **fundición centrifugada** (proceso que da mas dureza a la camisa en su interior).

Las camisas secas, tienen la particularidad de su posible rectificación.

La medida interior del cilindro en su diámetro es el "**calibre**", cada motor tiene una medida STD (estándar) que mantiene la tolerancia con el pistón, para que no se "**gripe**" funcionando en caliente, ni esté demasiado holgado, en frío, los materiales que se utilizan en la construcción del pistón-cilindro, permiten unas tolerancias muy estrechas, Audi A3 por ejemplo, tiene un diámetro de cilindro de 79.50 mm. El pistón que utiliza mide 79,47 mm en la falda, de diámetro. La tolerancia es de 0.03 mm que permite un buen funcionamiento aún con el motor caliente.

Lo normal es que con camisas secas, se puedan hacer al menos dos reparaciones, siguiendo con Audi A3 tiene:

- 1ª Reparación: diámetro de pistón 79.72 m; 0.254 mm más de diámetro que la medida STD. 0.010 fracción de pulgada más que la medida STD.
- 2ª Reparación: diámetro de pistón 79.97 mm; 0.508 mm más de diámetro que la medida STD. 0.020 fracción de pulgada más que la medida STD.
- En la 1ª Reparación los cilindros habrán de rectificarse a 79.75 mm para que existan esas tres centésimas de tolerancia con el pistón, 0.03 mm.
- En la 2ª Reparación los cilindros habrán de rectificarse a 80.00 mm por la misma razón.

En cada reparación, al poner pistones sobre medida habremos ampliado la cilindrada del motor, apenas tiene influencia en el funcionamiento del mismo. Cada fabricante fija el número de reparaciones permitidas y las medidas de los pistones a reponer, que suelen aumentar de diámetro 0.010 fracción de pulgada; 0.020 ó 0.030 como mucho, equivale a 0.254 mm; 0.508 mm; 0.762 mm.

1.6.2. El cárter

Sirve de apoyo a los cilindros y encierra los demás órganos del motor, a los que protege del polvo y del agua, uniéndose al bastidor del coche por tres o cuatro puntos.

Está dividido en dos partes (Fig.1.15): *cárter superior o bancada*, y *cárter inferior*, que se unen a la altura del cigüeñal.

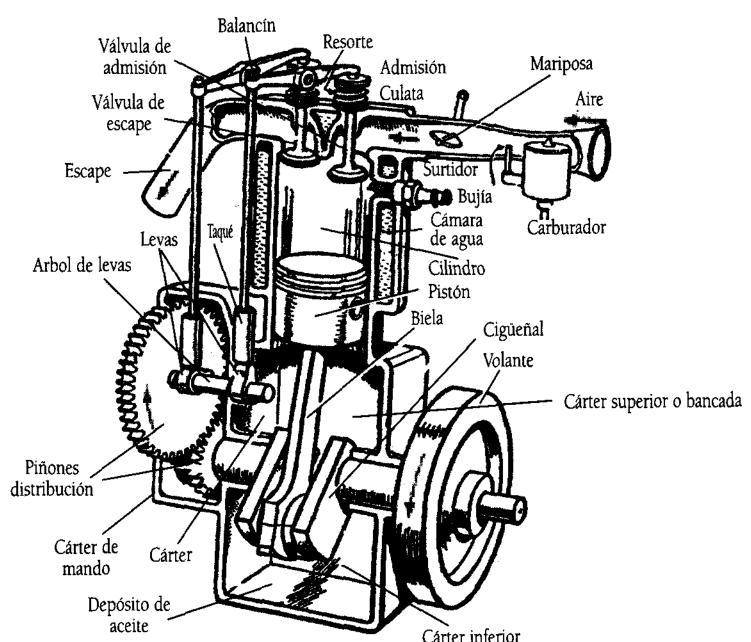


Figura 1.15.

El cárter inferior, que sirve de depósito de aceite y en él se aloja la bomba de engrase, es una pieza montada con una junta de estanquidad que sufre pequeños esfuerzos, y en muchos motores se hace de palastro estampado (hojas de acero a las que se da forma por medio de potentes prensas); además de un orificio para medir el nivel del lubricante y de los tapones de vaciado, va provisto de un respiradero que lo pone en comunicación con el aire libre.

El cárter superior forma casi siempre cuerpo con los cilindros, fundiéndose en una pieza con el bloque. Lleva los cojinetes de apoyo del cigüeñal, que queda colgado de aquél, y es la pieza por donde se apoyan las patillas al conjunto motor (planta motriz) en el bastidor del vehículo. En la figura 1.16, se ve un bloque de un motor de seis cilindros que forma un solo cuerpo con el cárter superior, y en la figura 1.24 se dibuja un bloque de motor de cuatro cilindros, visto desde abajo; es decir, como si el motor se hubiese invertido, en el que se ve también cómo el cárter superior forma una sola pieza con los cilindros.

El bloque motor debe de:

- Ser rígido para soportar los esfuerzos originados por la combustión.
- Permitir evacuar, por conducción, parte del calor originado por la misma.
- Resistir a la corrosión del líquido de refrigeración.

Los materiales más utilizados son: la fundición, que ofrece gran rigidez y resistencia al desgaste, y la aleación de aluminio, que posee buena conducción térmica y pesa menos que el de fundición.

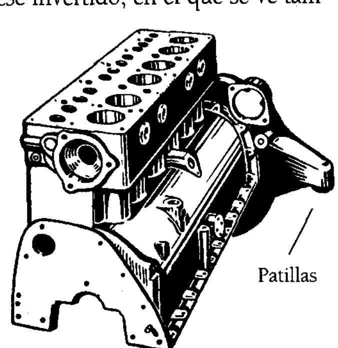


Figura 1.16.

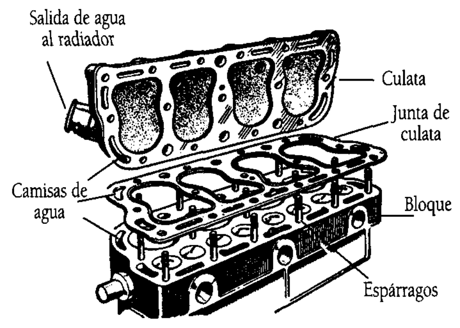


Figura 1.17.

En la parte delantera del motor, y unido al cárter principal, va, generalmente, un pequeño *cárter de mando* (Fig.1.15.) para los engranajes de la distribución y de los órganos auxiliares.

1.6.3. La culata

Tapa al cilindro por arriba. Puede tener diversas formas según la concepción del motor, recubriendo un cilindro, un grupo de cilindros o bien todos los cilindros del motor. Es casi siempre desmontable (Fig.1.17), en cuyo caso se fija, por medio de espárragos con tuercas, al plano superior del bloque.

El material empleado en su constitución es de aleación ligera o de aluminio; siendo su forma, según al tipo de motor que pertenezca, de tipo lateral, con balancines o con árbol de levas en cabeza.

Entre sus características cabe destacar que ha de ser resistente a la presión de los gases, poseer buena conductividad térmica, ser resistente a la corrosión, tener un coeficiente de dilatación idéntico al del bloque de cilindros, presentar unas paredes de la cámara de combustión sin irregularidades ni salientes, para evitar los puntos calientes y los riesgos de auto-encendido, y tener los conductos de admisión y escape cortos y lisos para no frenar el paso de los gases. En la culata se instalan las válvulas de admisión y escape, así como los elementos de encendido o inyección, en su caso.

Se encuentra también en ella la cámara de compresión o de explosión, que es como un vaciado de la misma y su forma tiene gran influencia en el rendimiento del motor. Ha de ser compacta, con escasos bordes para evitar pérdida de calor. La colocación de la bujía es importante, para que la chispa que salte llegue rápida a las partes mas alejadas. En los motores Diesel tiene mucha importancia su diseño, lo abordaremos en el tema correspondiente.

La culata y bloque deben formar un conjunto estanco para evitar el paso del agua de refrigeración al aceite o viceversa, y para ello la primera ha de ser totalmente plana, con un alabeo máximo de 0,05 mm.

1.6.3.1. Junta de Culata. Asegura la estanqueidad entre culata y bloque. Se hace de amianto grafitado recubierto con finas hojas de acero que recubren el amianto. El amianto soporta altas temperaturas sin perder su estructura, las chapas de acero "arman" el conjunto de la junta y tienen las escotaduras necesarias para que el agua de la refrigeración circule entre bloque y culata.

Los agujeros por donde entran lo tornillos se rebordean con chapa de acero para evitar deformaciones, en algunos casos el amianto es armado con hojas de cobre con reborde en los agujeros, para evitar deformaciones de los orificios.

Una junta de culata defectuosa dará lugar a fugas de gases y de agua del sistema de refrigeración, con el consiguiente deterioro rápido del motor.

El orden de apriete (se afloja en orden inverso) y el par del mismo deben de respetarse para cada tipo de motor, evitando así deformaciones de la culata. Existen dos métodos de apriete, en cruz (en forma de par) y en caracol o angular (iniciando el mismo desde los espárragos centrales). En culatas con apriete angular, es imprescindible sustituir los torni-

llos al montar la junta de culata. En la actualidad, la tendencia para fijar los pares de apriete de los tornillos de las culatas se realiza con goniómetro, en el que hay una escala de ángulos como referencia para el uso de la llave dinamométrica.

1.6.3.2. Los Colectores. La culata recibe, de forma lateral los colectores de admisión y de escape, que son los tubos por donde entran y salen los gases a los cilindros.

Los colectores de admisión se fabrican de aleación de aluminio fundido, siendo su interior liso y orientado para evitar que los gases encuentren dificultades en su recorrido al cilindro. Tiene buena base plana para soportar al carburador o al elemento inyector y para apoyarse en la culata con la interposición de una junta de amianto, aprisionada con chapa de acero.

Se emplean en motores actuales **compuestos de poliuretano**, colectores de admisión ligeros, que además en su interior presentan buen coeficiente de resbalamiento para la entrada de gases frescos.

El colector de escape suele fabricarse de hierro fundido, pues soporta mayores temperaturas porque recibe gases procedentes de la explosión, la orientación de los conductos es importante para evitar interferencias en la salida de gases. Utiliza también juntas de amianto que pueden ser independientes para cada orificio, con lo cual tienen mas consistencia.

El amianto, se está sustituyendo por compuestos polímeros, armados en chapas de cobre o acero, según su empleo.

1.6.4. El pistón

En la figura 1.18 se ve cortado, para mostrar su interior, un pistón de tipo corriente con forma de vaso invertido; la parte superior, que recibe la presión originada por la explosión, se llama *fondo o cabeza* del pistón, cuya forma depende de la cámara de combustión, de la relación volumétrica y del recorrido de las válvulas, entre otros. En la *falda* (pared delgada que sirve para guiar al pistón en el cilindro), hay un orificio que lo atraviesa y sirve para alojar el *pasador o eje de pistón*, llamado *bulón*, al que se sujeta el pie de biela. Dicho bulón, que es un eje de acero duro, tratado y rectificado, hueco, a veces cromado, y centrado en el pistón, se apoya en los cojinetes que forman los salientes interiores redondos y huecos.

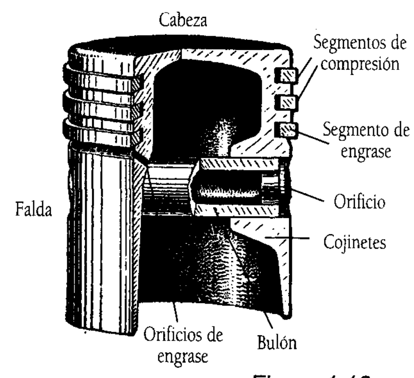
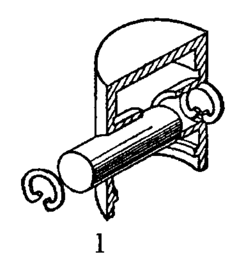
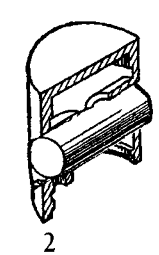


Figura 1.18.

Para que no salga por el costado y raye las paredes del cilindro, se le mantiene dentro del pistón por alguno de los procedimientos de la figura 1.19:





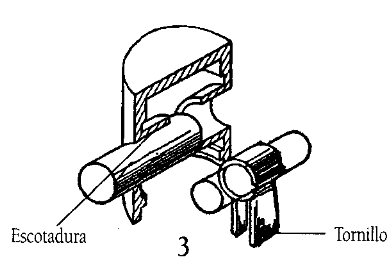


Figura 1.19.

1. Libre en la biela y en el pistón frenado por 2 anillos
2. Libre en la biela y sujeto a presión en el pistón.
3. Sujeto en la biela y libre en el pistón frenado por 2 anillos, clips que ajustan en las gargantas del pistón, como en 1.

Obsérvese en la figura 1.3 que, según el sentido de giro del cigüeñal, la biela oscila transversalmente al motor, y, por tanto, el bulón tiene que estar longitudinal, es decir, orientado con el eje del motor. De modo que sobre un pistón suelto se pueden señalar las partes que frotan hacia los lados.

El pistón, durante su desplazamiento, debería ajustar perfectamente a todo alrededor del cilindro, asegurando la estanquidad, para que no hubiera fugas de aceite y de gases que hicieran perder fuerza a la compresión y a la explosión; pero como esto produciría un fuerte rozamiento, se deja un ligero huelgo entre el pistón y el cilindro, y se recurre, para evitar dichas fugas, a la colocación de *segmentos*. Estos son aros o anillos elásticos de fundición (Fig.1.20), de diámetro algo mayor que el del pistón, alojados en unas hendiduras, que les permite contraerse cuando el pistón se monta y se mete en el cilindro. Se hacen de material menos duro que el del bloque para que en el frotamiento con las paredes de los cilindros sean los segmentos los que se desgasten. Se alojan (Fig.1.18) en las gargantas apropiadas que lleva el pistón; dos o tres en la parte alta, llamados *segmentos de compresión*, y que son los que ciñéndose a las paredes del cilindro, impiden las pérdidas de potencia citadas.

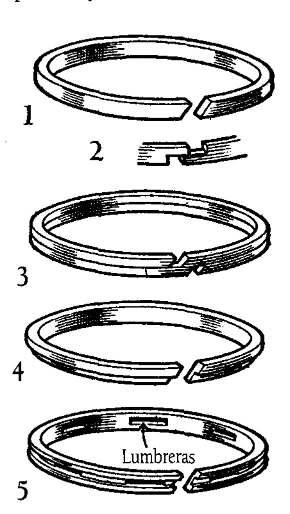


Figura 1.20.

Por otra parte, la parte baja del cilindro, por debajo de los segmentos, que frota con la falda del pistón nunca tiene problema de engrase, pero la parte alta del cilindro, que roza con los segmentos de compresión y que precisamente es la que más caliente trabaja si encuentra problemas para su engrase. El segmento de engrase y rascador de aceite, permite un cierto paso de aceite hacia arriba por su perfil especial, los segmentos de compresión, también tiene un perfil adecuado para que al bajar el pistón, algo de aceite engrase las partes altas del cilindro; ya dijimos que en éste no interesa un pulimento de espejo, para que pueda retener en sus poros partículas de aceite, por eso tiene el cilindro un rayado especial en la pared de rozamiento.

El segmento de engrase lleva también unos cortes para que el aceite pase por los orificios de la garganta del pistón al bulón y engrasar la articulación del pié de biela.

Los segmentos de compresión suelen ser sencillos, como el 1 (Fig.1.20), con el corte recto u oblicuo y alguna vez, para contener la fuga de gases por dicho corte, se hace éste en escalón doble 2, o con dos vueltas en una sola pieza, 3. El que se coloca más alto, cerca de la cabeza del pistón, se llama *segmento de fuego* porque contiene directamente la explosión gracias a la presión que ésta hace (Fig.1.21) sobre él, contra la garganta y el cilindro, taponando el paso de las llamas. Modernamente este segmento se recubre de cromo poroso para endurecerlo y a la vez retener el aceite en los poros, frotando así engrasado Con ello se ha conseguido que los segmentos duren más y los cilindros se desgasten menos.

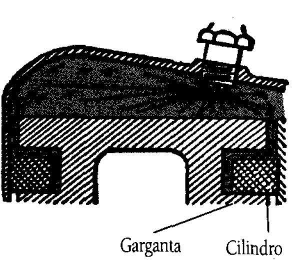


Figura 1.21.

En la figura 1.22 se representan las tres colocaciones más frecuentes de segmentos:

- En 1, se sitúan los dos de compresión y uno de engrase por encima del bulón, como es lo frecuente.
- En 2, el rascador de aceite se inserta en la falda (se utiliza en motores diesel).
- En 3, se añade a los del dibujo 1 otro de engrase en la falda.

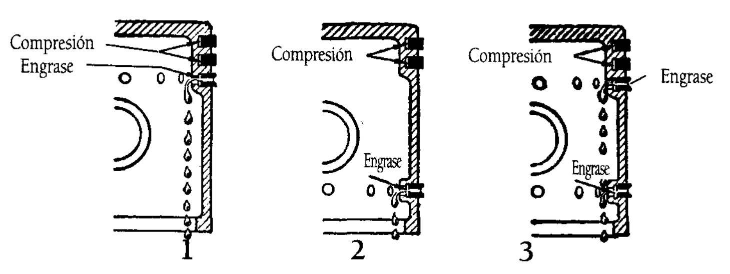


Figura 1.22.

Los pistones se construyen de aleaciones de aluminio, la cabeza puede ser plana o llevar alojamiento para la cámara de compresión (en algunos motores Diesel) y para las válvulas, para que no tropiecen con el mismo cuando se abran. En la actualidad los motores son cada vez mas bajos, se aprovechan más los espacios y las válvulas cuando se abren ocupan alojamientos que el pistón tiene en la cabeza.

Se consiguen estructuras de pistón que dilatan muy poco, con lo cual pueden montarse ajustados en frío y en caliente no se gripan.

La fuerza F de la explosión, se transmite perpendicular a la cabeza del pistón, originando una fuerza en la biela F_b y otra transversal F_r que empuja al pistón hacia la pared del cilindro izquierdo (visto el motor desde la parte delantera, girando a derechas (Fig. 1.23).

Durante la compresión y el escape, la fuerza F, actuando en la biela F_b, crea otra componente F_r en un sentido transversal cuando el pistón sube, de menor valor que la F_r creada en la explosión, pero que actúa sobre la pared derecha en sentido transversal del motor. Se puede decir por tanto que el pistón "roza" sobre todo en las partes de falda transversal al bulón, por lo que a veces se suprime la falda por debajo del bulón que prácticamente no frota, y por

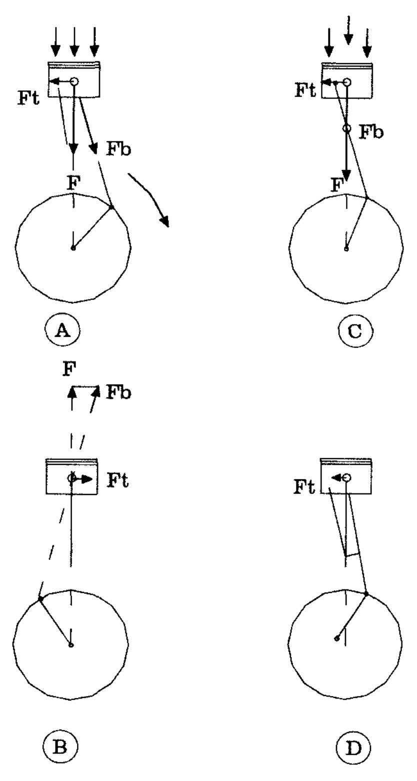


Figura 1.23.

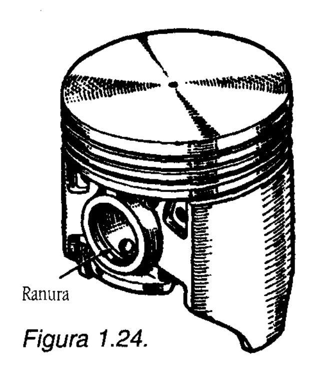


Figura 1.24.

eso se usan émbolos como el de la figura 1.24 con "delantales". El dibujado es un Oldsmóbile de aluminio y acero con ranuras para el clip que retiene el bulón.

Para disminuir los efectos de la fuerza Ft, componente transversal de la fuerza de la explosión F, en algunos motores se descentra el eje del bulón con respecto al eje del cilindro y apoyo del cigüeñal, consiguiendo anular prácticamente dicha fuerza y evitar el campaneo del pistón en el momento de la explosión de la mezcla (detalle C). Los mismos efectos se consiguen descentrando el punto de apoyo del cigüeñal en la bancada (detalle D).

- Otro sistema que se emplea es hacer la falda mas ancha que la cabeza; el diámetro de los pistones debe de medirse siempre en la falda, situando dentro de la misma un aro de metal invar, (placas de acero y níquel) que evitan su excesiva dilatación. Con éste procedimiento se consigue que en diámetros de 80 mm del cilindro, el pistón mide en falda 0.03 mm menos de diámetro, según fabricantes; tolerancias muy pequeñas que garantizan buenos ajustes en frío y funcionamiento sin gripaje en caliente.

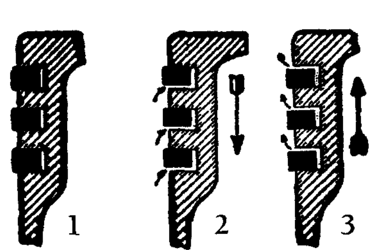


Figura 1.25.

Los segmentos deben ajustarse bien en las ranuras como en 1 (Fig.1.25), pues si quedan flojos, por desgaste, bombean el aceite a la parte superior, ya que al bajar el pistón (detalle 2), el huelgo queda abajo y se llena de aceite, y al subir el pistón (detalle 3), pasa a la cámara de explosión, donde se quema en pura pérdida, produciendo carbonilla y humos.

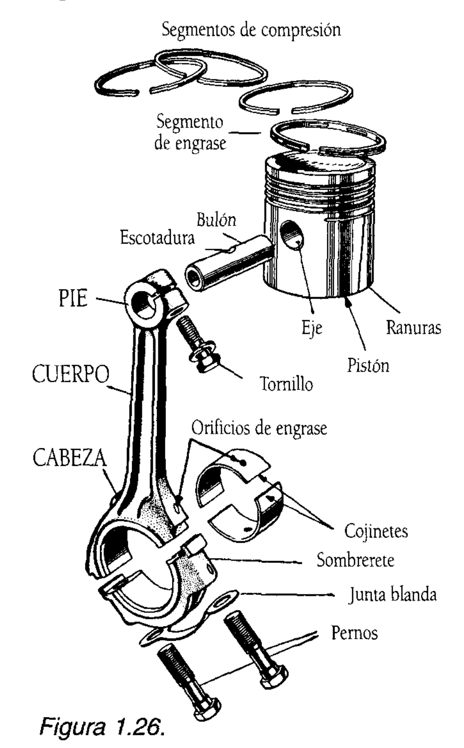


Figura 1.26.

1.6.5. La Biela

Son forjadas en acero con niquel y cromo y, aunque de una sola pieza en lo fundamental, se distinguen en ellas tres partes: el *pie*, el *cuerpo* y la *cabeza* (Fig.1.26).

Para evitar los cabeceos de la carrera del pistón en el cilindro, los ejes de la cabeza y pie de biela deben estar alineados.

El pie de biela, que es la parte de la biela que se une al pistón, abraza al bulón con interposición de un casquillo, generalmente de bronce fosforoso.

El cuerpo de biela, situado entre el pie y la cabeza de biela, asegura la rigidez de la pieza; casi siempre tiene forma de H o de doble T. A

veces en su interior se coloca un tubo para llevar el aceite a p resión hasta el pie de la biela.

La cabeza de biela, fundida en el mismo cuerpo, gira sobre el codo del cigüeñal y consta de dos partes: una superior o cabeza, solidaria al cuerpo, y la inferior, llamada *sombrerete*, desmontable, y que se sujeta a la parte superior por medio de *pernos o espárragos* con un par de apriete de unos 3,5 mkp.

Para que el roce con el codo del cigüeñal sea más suave, se realiza por medio de unos rodamientos o por unos medios *cojinetes* recubiertos interiormente de metal "antifricción" (de 0,05 a 0,35 mm. a base de plomo, estaño y antimonio) que, además, cuando algún defecto de engrase hace trabajar a la biela en seco o con aceite defectuoso, se funde antes de que la articulación se agarrote con el calor y se estropeen la biela y el cigüeñal; en tal caso, se reponen los casquillos. Dicha expresión no quiere decir fusión de toda la pieza, sino solo de los dos medios casquillos. Si no se para el motor, se rompen los pernos de sujeción y cae el sombrerete; haciendo la explosión que salga la biela por un costado del bloque.

En la figura 1.26 se dibuja despiezado el conjunto émbolo-biela. Los segmentos de compresión se colocan en las ranuras más altas del pistón; el rascador de aceite o segmento de engrase, con canal a su largo y orificios de paso, va situado en la ranura más baja.

El bulón entra en el orificio-eje del pistón y pasa por el arco con casquillo del pie de biela, con lo que ésta queda articulada y colgada del émbolo. El bulón se sujeta libre en el pistón y a presión en la biela; libre en biela y a presión en el pistón o libre en biela y pistón.

Los cojinetes de la cabeza de biela, modernamente son medios casquillos delgados y flexibles, de acero y cobre (Fig.1.27) recubiertos por su cara interna con una fina capa de antifricción; se fabrican en serie con suficiente precisión para no necesitar afinado al sustituirlos, resultando esta operación muy sencilla.

Para el engrase se disponen unas acanaladuras en la unión de los medios cojinetes y en algunos motores aún se usan estrías huecas llamadas "patas de araña" que distribuyen el aceite en su contacto con el codo del cigüeñal. El lubricante llega a presión a la articulación de la cabeza de biela en la forma que se describirá en el capítulo "Engrase del motor". El aceite que rebosa lo suele hacer en chorros por unos orificios (Fig.1.26) de donde va a salpicar todo el interior del motor.

En motores especiales y, desde luego con mayor frecuencia en los de motocicletas y de dos tiempos, se usan cojinetes de bolas para la articulación de la cabeza de biela. Estos cojinetes, que se aplican con profusión en otros órganos del automóvil, constan (Fig.1.28) de un anillo exterior y otro interior, entre los que se disponen una o dos series de bolas, encajadas en canaletas de los anillos y sostenidas por una jaula. Los anillos giran uno respecto al otro rodando sobre las

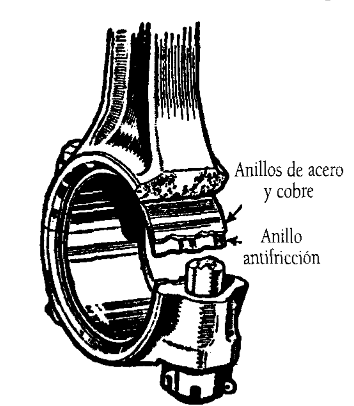


Figura 1.127.

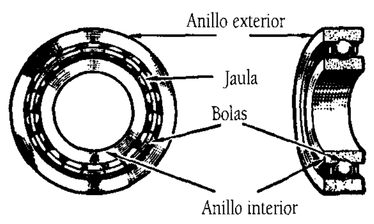


Figura 1.28.

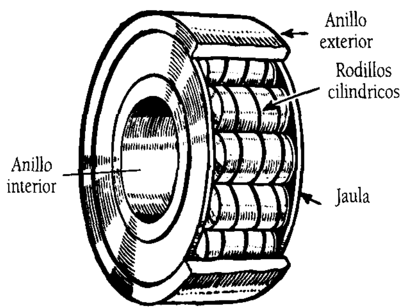


Figura 1.29.

bolas, sin rozamiento de frote y, consumiendo mucho menos esfuerzo que los cojinetes lisos.

En vez de bolas pueden intercalarse rodillos cilíndricos (Fig.1.29) con ranura inclinada para facilitar el engrase (sistema Hyatt), o bien rodillos cónicos como en la figura 1.30 dispuestos cónicamente en su jaula, que queda entre los anillos interior y exterior (sistema Timken).

1.6.6. El cigüeñal

El cigüeñal o árbol motor, recibe el impulso de las explosiones de cada cilindro, impulso que le hace girar con el volante, y éste a su vez, hace girar al cigüeñal en los tiempos de escape, admisión y compresión siguientes. Del giro de éste obtienen su movimiento, por intermedio de engranajes o cadenas los órganos de distribución, encendido (distribuidor) y engrase (bomba de aceite), y en la misma forma o más bien por correas los de refrigeración (ventilador y bomba de agua), el generador de corriente (dínamo o alternador) y compresor de aire acondicionado, en su caso. Estos órganos absorben una parte de la energía del motor y disminuyen por tanto la energía real transmitida a las ruedas.

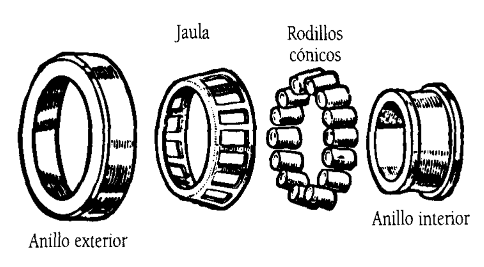


Figura 1.30.

El cigüeñal presenta en sus extremos: un dámper o antivibrador para absorber las vibraciones del cigüeñal, el volante motor para acumular inercia y regularizar el giro del cigüeñal y un piñón para el engranaje del mando de la distribución.

El cigüeñal gira sobre cojinetes unidos al cárter superior, cuyo número depende de la potencia y calidad del motor. En la figura 1.31 se ve el cigüeñal de un motor de cuatro cilindros con todos sus componentes: el platillo de sujeción del volante, las muñequillas partes

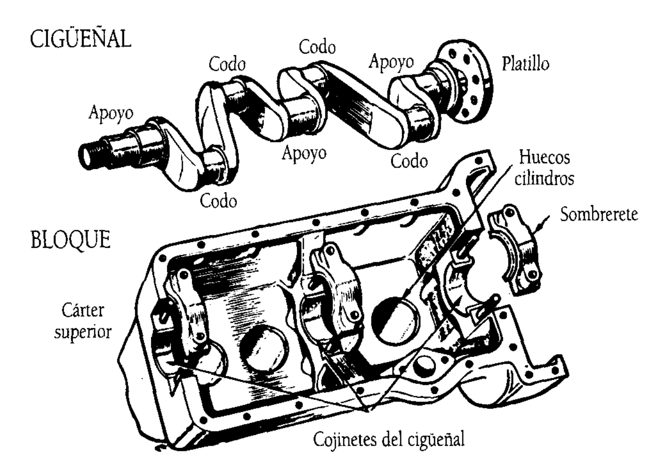


Figura 1.31.

rectificadas donde se sujeta la biela y los codos que forman con la muñequilla una "manivela", los tres apoyos que forman el eje de giro y que están soportados por cojinetes dispuestos en el cárter superior, los huecos de los cilindros y el sombrerete de un cojinete de cigüeñal, que cierra y sostiene por abajo el apoyo del mismo, análogo a los de la cabeza de biela, pero más grande. Un cojinete, en detalle, puede verse en la figura 1.32, en la que se muestran las diferentes piezas que lo forman, y que se separan para recibir entre ellas el cigüeñal. Por un tubo llega el aceite a presión a lubricar el apoyo donde gira el cigüeñal entre los dos medios anillos, formados por casquillos de bronce con antifricción gruesa que lleva "patas de araña", como en la figura, o por delgados casquillos de acero, o de acero y cobre, recubiertos de una capa fina de antifricción.

En la figura 1.33 se detalla el interior cortado de un motor de cuatro cilindros con camisas húmedas, en el que se distinguen: Los espárragos de sujeción de la culata, que lleva los cojinetes para el árbol de levas en cabeza; el bloque de una sola pieza con el cárter superior, en el que van los cojinetes que soportan el cigüeñal; las patillas de sujeción al chasis y el cárter inferior, cuyo papel es cerrar el mecanismo por abajo, sirviendo a la vez de depósito de aceite.

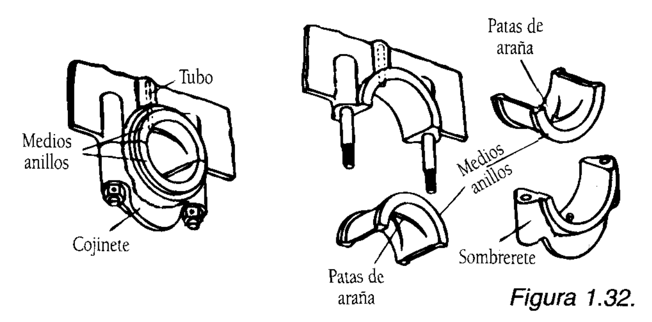


Figura 1.32.

Los cigüeñales de motores de seis cilindros pueden tener, además de los cojinetes extremos, uno, dos o cinco intermedios, como es el caso de la figura 1.45, en la que se ve, en el extremo delantero, el engranaje que manda los piñones de la distribución.

Como el cigüeñal recibe varios impulsos en cada vuelta, violentos y aislados, producidos por la explosión en cada cilindro, y a través de él se transmite toda la potencia que ha de obligar a moverse al automóvil, resulta ser una de las piezas que más sufren de todo el mecanismo, y por ello ha de hacerse robusto y rígido, para resistir a la flexión y a la torsión, se fabrican de acero forjado y las superficies rectificadas, apoyos y muñequillas, llevan un proceso de **Nitruración** tratamiento que consiste en introducir **nitruros** durísimos hasta una profundidad de 0,8 mm. Los fabricantes establecen la posible rectificación de las muñequillas y apoyos del cigüeñal creando casquillos sobre medida para la reposición, que en éste caso son casquillos con menos medida que la original, llamada medida estándar (STD), debido a la poca profundidad de los nitruros, no se emplean más de dos sobre medidas:

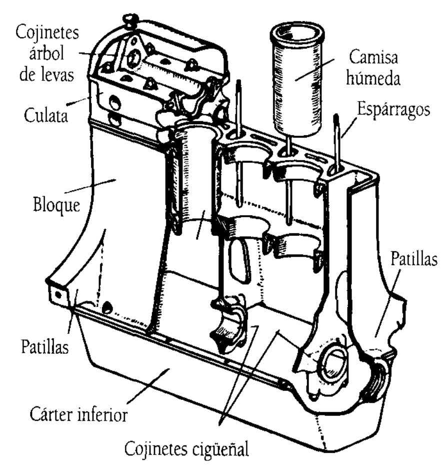


Figura 1.33.

1ª Reparación. 0,010" fracción de pulgada que equivale a 0,254 mm menos, de diámetro.

2ª Reparación 0,020" fracción de pulgada que equivale a 0,508 mm menos, de diámetro.

Es necesario que a pesar de haber rectificado el cigüeñal se conserve la capa de nitruros en su superficie de frotamiento. Una tercera reparación acabaría con esa capa y dejaría al cigüeñal débil en su superficie. Actualmente algunos cigüeñales modernos, usados en ciertos modelos, son huecos; así, pueden ser gruesos y robustos, pero de poco peso.

También ha de estar muy equilibrado, estática y dinámicamente, para no sufrir variaciones en su rápido giro, que podrían romperlo. Por todo ello se procura dotarlo del mayor número de cojinetes posible. Si la potencia del motor no es grande puede disminuirse el número de apoyos, pero entonces el cigüeñal habrá de ser más sólido y rígido. Casi siempre van taladrados en el sentido de apoyos a codos para la circulación del aceite de engrase.

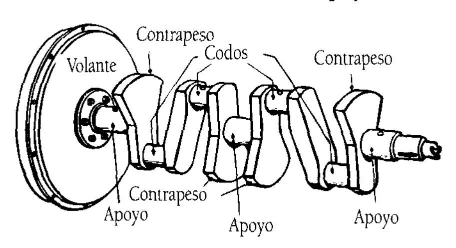


Figura 1.34.

Debido a la forma que tiene el cigüeñal necesita de "contrapesos" o prolongaciones de los codos (Fig. 1.34), para estar bien equilibrado, si no fuera así se producirían vibraciones en el mismo, hay que decir que los modernos cigüeñales adquieren la velocidad de 6.500 y 7.000 revoluciones por minuto, un desequilibrio mínimo en el cigüeñal a esas revoluciones produce unos saltos en el giro que harían imposible el normal funcionamiento. El cigüeñal es un eje bien equilibrado. El volante montado en su extremo, le desequilibra y por ello en el extremo opuesto se coloca el **Dámper o Antivibrador** que más adelante estudiamos.

Para que el motor funcione por sí mismo es preciso que explosione la mezcla de aire y gasolina; y como para eso tienen que realizarse antes la admisión y la compresión, lo que exige el desplazamiento de los pistones hasta que uno de los cilindros se ponga en explosión, es necesario hacer girar desde fuera el cigüeñal, lo que se consigue por medio del sistema de arranque.

La mayoría de los motores de automóviles giran siempre en el sentido de las agujas del reloj (a derechas), mirando de frente al vehículo.

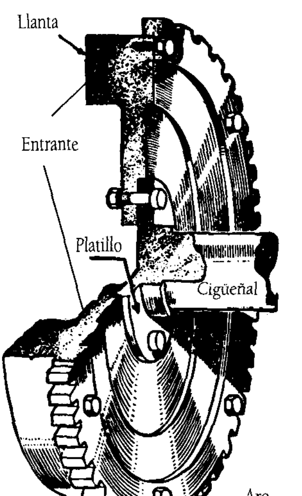


Figura 1.35.

1.6.7. El volante

El volante motor acumula inercia y regulariza el movimiento del motor. Consiste en una rueda pesada, de fundición o acero, que se monta en el extremo del cigüeñal más próximo a la caja de cambios, fijándolo al mismo con unos tornillos autofrenables, generalmente descentrados para evitar todo error de posicionamiento.

En la figura 1.35 se representa una de las maneras de montaje. En el entrante, de varias formas, el volante sirve de plato de apoyo al embrague, que vale para transmitir o no, a voluntad del conductor, el movimiento del motor al resto del automóvil.

Sobre la llanta del volante suelen ir grabadas unas referencias que se utilizan para el reglaje de la distribución y del encendido, según se explicará oportunamente. Para que pueda engranar con el piñón del motor eléctrico de arranque, el volante lleva en su contorno un aro dentado.

1.6.8. El dámper

Como el volante motor va montado en un extremo del cigüeñal, por el que se manda la transmisión a las ruedas y, por tanto, el que ofrece la resistencia para girar (quedando el extremo opuesto libre), debido a los violentos impulsos que las explosiones comunican a los codos del cigüeñal tiende a torcerse elásticamente, sobre todo cada vez que recibe las carreras motrices de los cilindros más alejados del volante.al producirse la explosión en el cilindro 1, desde este codo hasta el plato, el cigüeñal tiende a torcerse sobre sí mismo, por la resistencia que se ofrece para girar, debida a la inercia del volante y al esfuerzo resistente de las ruedas propulsoras. Aunque esta torsión del cigüeñal es casi siempre absorbida por su grosor y resistencia, la rápida sucesión de las explosiones convierte en vibración tales esfuerzos torsionales, y a determinada velocidad de giro (llamada velocidad crítica) puede suceder que las vibraciones adquieran gran amplitud y se noten desagradablemente por los pasajeros, aunque no se produzca la rotura del cigüeñal. Para evitarlas, es frecuente, sobre todo en motores con cilindros grandes o cigüeñales largos, el empleo de un dispositivo llamado *dámper o antivibrador* que absorbe las vibraciones y que se monta en el extremo del cigüeñal opuesto al del volante, dentro o fuera del cárter, que es lo más habitual.

Un dámper clásico es el de la figura 1.36. En el extremo libre del cigüeñal se monta la polea para la correa que mueve el ventilador y, adosada a ella la pieza D. Entre ésta y la cara externa de la polea encaja, con un fuerte frotamiento contra el revestimiento E de amianto o ferodo, el anillo, formado por dos piezas forzadas a separarse entre sí por una serie de resortes.

En tanto el cigüeñal gira a velocidad uniforme y regular, no hay resbalamiento entre el anillo y E; pero cuando aparecen las vibraciones torsionales y el extremo delantero del cigüeñal, con la pieza D, tiende a oscilar sobre su eje en uno y otro sentido, el pesado anillo, por su inercia, no puede seguirlas; entonces el movimiento relativo entre el anillo y D hace frotar aquellas piezas contra E, y este rozamiento amortigua las oscilaciones, haciendo que no aumenten de intensidad e incluso que desaparezcan.

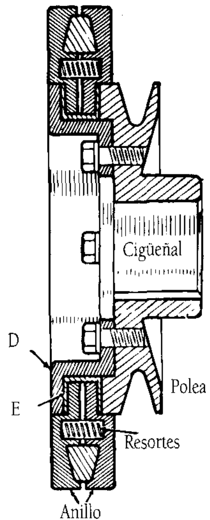


Figura 1.36.

Para que el antivibrador actúe con energía creciente al aumentar la velocidad de giro del cigüeñal, algunos dámperes llevan un anillo de caucho plomado muy pesado insertado entre los dos discos del anillo; por la fuerza centrífuga se deforma y tiende a separarlos más y más, aumentando la acción de los resortes.

Se ha extendido el uso del llamado *"dámper fluido"* (Fig.1.37): en el extremo del cigüeñal se monta la pieza D, compuesta de la polea para el ventilador y de un anillo hueco, cerrado de fábrica herméticamente, dentro del cual va el aro pesado; los estrechos huecos S están llenos de un líquido espeso y viscoso, de moderna fabricación, llamado *"silicón fluido"*.

La acción de amortiguamiento es análoga, y se produce porque la inercia del aro pesado para seguir las vibraciones del anillo hueco frena éstas y, por tanto, las del cigüeñal, gracias a la viscosidad elástica que une el aro pesado con el anillo hueco. Según aumenta la velocidad, por la fuerza centrífuga

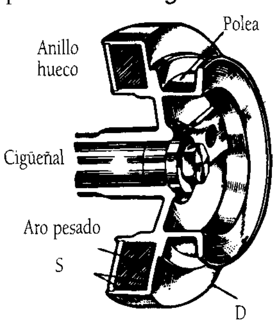


Figura 1.37.

se concentra el silicón en el borde S y hace más firme el enlace elástico entre el aro pesado y el anillo hueco, frenando con más energía las vibraciones.

2. MOTORES BÁSICOS

La potencia de un motor depende de la cantidad de mezcla que haga explosión en el cilindro; para las potencias necesarias en automovilismo, si se emplea un solo cilindro habrá de ser de grandes dimensiones, y aunque el volante, entonces forzosamente muy pesado, intervenga para regularizar el giro del cigüeñal, no pueden evitarse las vibraciones y sacudidas a que da lugar, en el funcionamiento del motor, el intervalo de una explosión a otra (dos vueltas del cigüeñal) y la imposibilidad de equilibrar en su movimiento las grandes masas del pistón y de la biela, por bien contrapesados que estén.

Esta potencia del cilindro único, se puede lograr con varios cilindros más pequeños (motor policilíndrico). La velocidad de rotación será así más regular y uniforme, porque en lugar de recoger el cigüeñal todo el esfuerzo del motor de una sola vez en cada dos vueltas, lo recibirá a lo largo de esas dos vueltas repartido en tantos impulsos como cilindros haya, y también por ser varias las piezas en movimiento, y del mismo peso todas las bielas y todos los pistones, podrán contrapesarse mutuamente en todo momento de la rotación.

Los motores para automóviles más empleados son los de cuatro, seis y ocho cilindros.

2.1. Tipos por número de cilindros

2.1.1. Motores de dos cilindros

El motor de dos cilindros funcionando en el ciclo de cuatro tiempos, que fue bastante usado en motocicletas, prácticamente no se aplicó al automóvil hasta después de la Segunda Guerra Mundial, cuando el progreso en la construcción ha conseguido la marcha suave y flexible sin sacudidas a causa de las espaciadas explosiones, y sin necesidad de un volante excesivo.

Dispuestos los cilindros uno al lado del otro (en línea) fueron los conocidos Fíat 500, el NSU-Prinz y algún japonés, vehículos pequeños, pero eficaces, que permanecieron acreditados en el mercado. Posteriormente los montó el Fíat 126, Fíat Panda 30 y Trabant 601 (con motor de dos tiempos).

Las partes móviles presentan la forma de la figura 1.38: los dos codos del cigüeñal están juntos, pues subiendo y bajando a la vez los pistones 1 y 2, cuando uno desciende en explosión el otro lo hará en admisión, y hay una explosión por vuelta del cigüeñal, separadas entre sí por intervalos iguales. El movimiento simultáneo e igual de émbolos y bielas se equilibra mediante los contrapesos, que pueden formar uno solo colocado en el centro, donde en la figura está el volante. Este puede tener repartido su peso de forma que equilibre al de bielas y pistones, ayudando o actuando como contrapeso. Los apoyos del cigüeñal están en los extremos, pero puede haber un tercero entre ambos cilindros, próximo al volante.

Cuando los cilindros se colocan uno frente al otro se llaman *horizontales opuestos*, que se describirán más adelante.

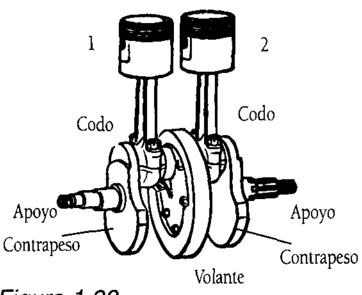
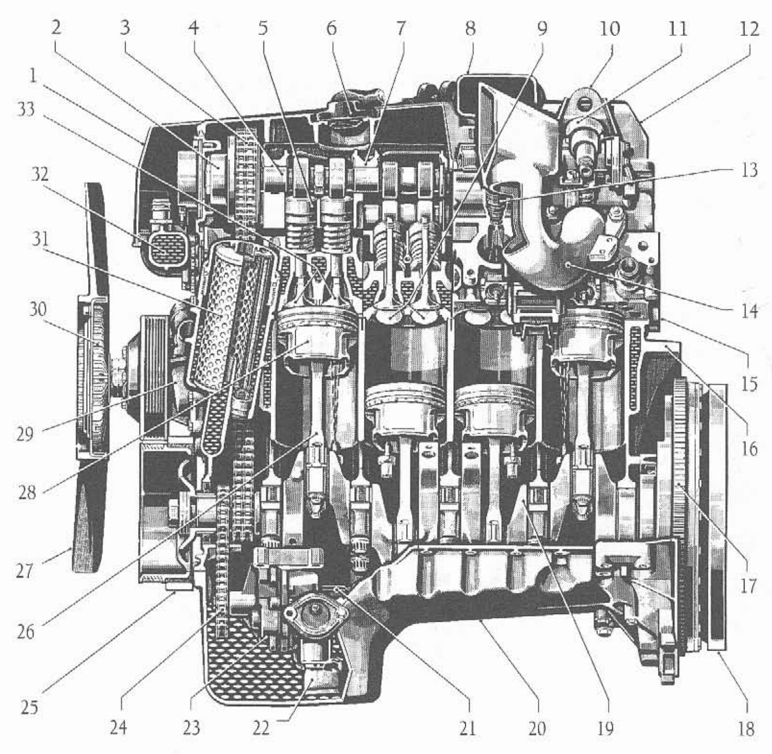


Figura 1.38.

2.1.2. Motores de cuatro cilindros

El cigüeñal de un motor de cuatro cilindros en línea (o sea unos a continuación de otros), para el mejor equilibrio de los órganos en movimiento, tiene siempre la forma de la figura 1.39; es decir, con los codos correspondientes a los cilindros extremos en la



Datos técnicos:

Sistema de trabajo	Cuatro tiempos. Inyección de gasolina
Potencia nominal según directrices CE	110 kW
Par nominal según directrices CE	210 Nm
Núm. de cilindros	4
Diámetro/carrera	89,9/86,6 mm
Cilindrada total efect.	2199 cm^3

1. Tapa protectora.
2. Ajuste árbol de levas.
3. Cadena de rodillos doble.
4. Arbol de levas de admisión.
5. Taqué hidraúlico de válvula.
6. Tapa de llenado de aceite.
7. Tapa del cojinete del árbol de levas.
8. Conducto de admisión.
9. Válvulas de escape.
10. Argolla de suspensión.
11. Regulador de presión de conbustible.
12. Tapa de culata.
13. Válvula de inyección.
14. Tubo de admisión.
15. Culata.
16. Bloque motor.
17. Corona dentada de arranque.
18. Volante de inercia bimasa.
19. Cigüeñal.
20. Cárter de aceite.
21. Chapa deflectora de aceite.
22. Alcachofa de aspiración de aceite.
23. Bomba de aceite.
24. Cadena de rodillos simple (accionamiento de la bomba de aceite).
25. Antivibrador.
26. Biela.
27. Ventilador.
28. Pistón.
29. Carcasa de la bomba de agua.
30. Acoplamiento del ventilador hidrodinámico.
31. Elemento del filtro de aceite.
32. Termostato del líquido refrigerante.
33. Válvulas de admisión.

Motor M111, Mod. C220
MERCEDES-BENZ

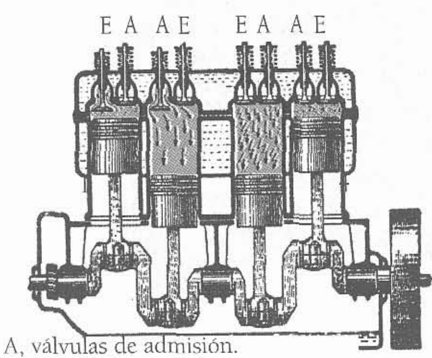
Figura 1.39.

misma posición relativa, e igualmente los de los cilindros centrales. El cigüeñal representado gira sobre cinco apoyos o cojinetes, intercalando uno entre cada dos cilindros, con lo que el cigüeñal trabaja rígidamente apoyado y puede soportar mayores esfuerzos.

En los motores de 4 cilindros, las *muñequillas* del cigüeñal están dispuestas en ángulo de 180°, de tal manera que numerados los cilindros de delante a atrás; cuando los pistones de los cilindros 1 y 4 están en los PMS, los de los 2 y 3 se encuentran en los PMI En la media vuelta siguiente del cigüeñal ocurrirá a la inversa.

Si el pistón de un cilindro está en el PMS, al bajar tiene que hacer una admisión o una explosión; el que está en el PMI, por fuerza al subir ha de efectuar una compresión o un escape. Durante media vuelta del cigüeñal, cada cilindro está realizando un tiempo distinto del ciclo, y en cuatro medias vueltas, o sea, en dos vueltas del cigüeñal, se han realizado los cuatro tiempos en cada uno de los cuatro cilindros.

Si el pistón 1 está en el PMI después de la primera vuelta del cigüeñal, habrá ejecutado una admisión o una explosión; si ha sido explosión, el 4, que ha bajado también, habrá hecho la admisión. *Al mismo tiempo, el 2 ha subido, por lo que habrá* efectuado una compresión o un escape; si ha sido el escape, el 3 tendrá que haber hecho la compresión. El trabajo simultáneo de los cilindros en esta primera media vuelta se detalla en la figura 1.40: el pistón 1 ha bajado por el impulso recibido *con la explosión de la mezcla en el interior* de su cilindro; ambas válvulas están cerradas: El pistón 2 sube expulsando los gases quemados procedentes de la explosión ocurrida en ese cilindro durante la anterior media vuelta; su válvula de escape está abierta. El pistón 3 ha subido comprimiendo la mezcla, que queda preparada para la explosión de la media vuelta siguiente. El pistón 4, al bajar, succiona, por su válvula de admisión, que está abierta, la mezcla de aire y gasolina que prepara el carburador.



A, válvulas de admisión.
E, válvulas de escape.
Primera media vuelta.

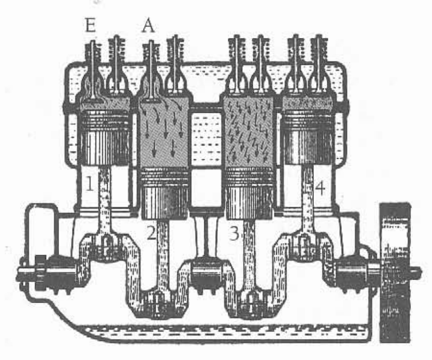
Cilindro	1° Explosión
id.	2° Escape
id.	3° Compresión
id.	4° Admisión

Figura 1.40.

En la media vuelta inmediata, cada cilindro estará en el tiempo siguiente de su ciclo (Fig.1.41); y así en las medias vueltas sucesivas, como puede seguirse en la figura 1.42 para la tercera media vuelta, y en la figura 1.43 para la cuarta media vuelta.

En estas figuras, 1.40 a 1.43, se ve gráficamente realizado el cuadro siguiente.

	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Cilindro 4	
Fig.1.35.- 1ª ½ vuelta	**EXPLOSIÓN**	ESCAPE	COMPRESIÓN	ADMISIÓN	Orden de explosión 1-3-4-2
Fig.1.36.- 2ª ½ vuelta	ESCAPE	ADMISIÓN	**EXPLOSIÓN**	COMPRESIÓN	
Fig.1.37.- 3ª ½ vuelta	ADMISIÓN	COMPRESIÓN	ESCAPE	**EXPLOSIÓN**	
Fig.1.38.- 4ª ½ vuelta	COMPRESIÓN	**EXPLOSIÓN**	ADMISIÓN	ESCAPE	



Segunda media vuelta.

Cilindro 1° Escape
id. 2° Admisión
id. 3° Explosión
id. 4 Compresión

Figura 1.41.



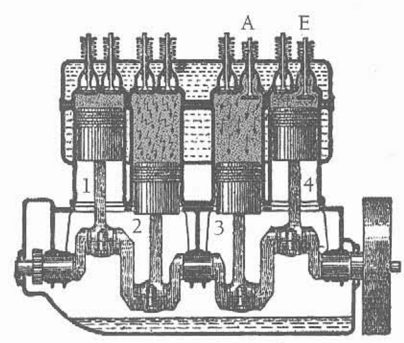
Tercera media vuelta.

Cilindro 1° Admisión
id. 2° Compresión
id. 3° Escape
id. 4° Explosión

Figura 1.42.

El orden en que tienen lugar los tiempos del mismo nombre es, como se ve 1-3-4-2. El cigüeñal no deja de recibir explosiones durante su giro; en la primera media vuelta, la del cilindro 1; luego la del 3, 4 y 2, para volver a recibir la del 1, etc. Pero las explosiones, aunque seguidas, empiezan y terminan en los puntos muertos del cigüeñal, y por ello el motor de cuatro cilindros necesita de un apreciable volante para que esos puntos muertos sean vencidos a la misma velocidad que los demás de su giro.

Si en la figura 1.40 el cilindro 2 estuviera durante la primera media vuelta en compresión en lugar de estar en escape, como se supuso, resultaría el orden de trabajo 1-2-4-3, ya muy poco usado. La práctica ha demostrado que el llenado de los cilindros extremos 1 y 4 se efectúa mejor con el orden 1-3-4-2, a causa del más conveniente sentido de las corrientes de gases en el colector de admisión.



Cuarta media vuelta.

Cilindro 1° Compresión
id. 2° Explosión
id. 3° Admisión
id. 4° Escape

Figura 1.43.

2.1.3. Motores de cinco cilindros

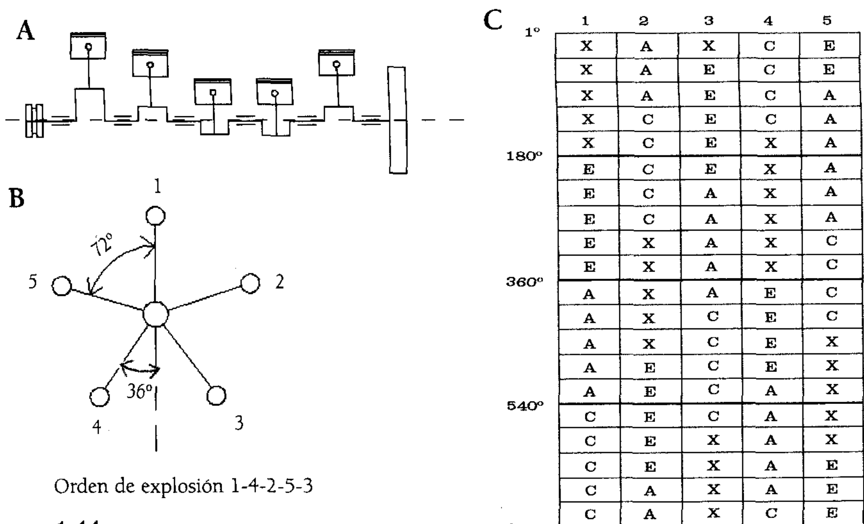
Aunque no sea una disposición muy empleada, algunos fabricantes europeos como Mercedes, Audi y Volkswagen han empezado a usarla tanto en motores de gasolina (caso de los Audi 80 y 100 2.3E) como de gasoil (Audi 100D 2.3E y Mercedes 190D 2.5).

Cuando se alcanzan cilindradas de 2.000 cc. los cuatro cilindros empiezan a quedarse cortos, por lo que se plantea la necesidad de aumentar el número de cilindros, para lograr un mejor reparto de esfuerzos en el cigüeñal.

El pasar a cinco cilindros en lugar de a seis, no es por ninguna razón técnica sino porque supone un ahorro en la fabricación del motor (tiene menos piezas), además supone menor peso y, lo que es más importante, menor longitud del bloque motor que permitirá colocarlo más fácilmente al diseñador en el compartimento del motor. Un inconveniente es que su equilibrado no es tan bueno como el de seis cilindros.

Dado que cada dos vueltas del cigüeñal se realiza el ciclo completo, en este caso los codos del cigüeñal estarán desfasados 144° (es decir, 2x360/5).

En la figura 1.44 se representa el cigüeñal de un motor de cinco cilindros en sentido longitudinal, alzada (A) y visto por la parte de la polea del mismo, vista de perfil (B). Suponiendo una colocación de codos como se ve en la figura B y un sentido de giro a derechas, como es normal en los motores y partiendo de la posición del cilindro n° 1 en el PMS se realiza el siguiente ciclo representado en el cuadro de trabajo (C).



	1	2	3	4	5
1°	X	A	X	C	E
	X	A	E	C	E
	X	A	E	C	A
	X	C	E	C	A
	X	C	E	X	A
180°	E	C	E	X	A
	E	C	A	X	A
	E	C	A	X	A
	E	X	A	X	C
	E	X	A	X	C
360°	A	X	A	E	C
	A	X	C	E	C
	A	X	C	E	X
	A	E	C	E	X
	A	E	C	A	X
540°	C	E	C	A	X
	C	E	X	A	X
	C	E	X	A	E
	C	A	X	A	E
	C	A	X	C	E
720°					

Figura 1.44.

En la 1ª media vuelta, 180° de giro del cigüeñal, el cilindro n° 1 realiza el recorrido del PMS al PMI haciendo el tiempo de Explosión. El cilindro n° 2, desfasado con el 1, 72°, bajará haciendo 108° de Admisión y 72° de Compresión. El cilindro n° 3 bajará realizando 36° de Explosión y subirá después haciendo 144° de escape hasta completar los 180°. El cilindro n° 4 subirá haciendo 144° de compresión hasta el PMS terminando la primera media vuelta con 36° de Explosión, para completar 180°. El cilindro n° 5 sube terminando 72° de Escape, hasta el PMS, para después realizar 108° de Admisión, hasta terminar los 180° de giro de la 1° vuelta del cigüeñal.

La 1ª media vuelta está representada en el diagrama C de la figura. Se han dividido los 180° en cuadros de 36° cada uno, cinco cuadros por tiempo, que es el desfase que existe entre los 180° de giro del cigüeñal que dura cada tiempo y los 144° de ángulo de situación de los codos.

En la segunda media vuelta se ve en el cuadro de trabajo que el cilindro n° 1 realiza el Escape. El cilindro n° 2 completa los tres cuadros que le faltaban para terminar la Compresión y termina con dos cuadros de Explosión.

El cilindro nº 3 realiza un cuadro de Escape y cuatro de Admisión. El cilindro nº 4 realiza cuatro cuadros de Explosión y uno de Escape. El cilindro nº 5 realiza dos cuadros de Admisión completando los cinco y tres de Compresión.

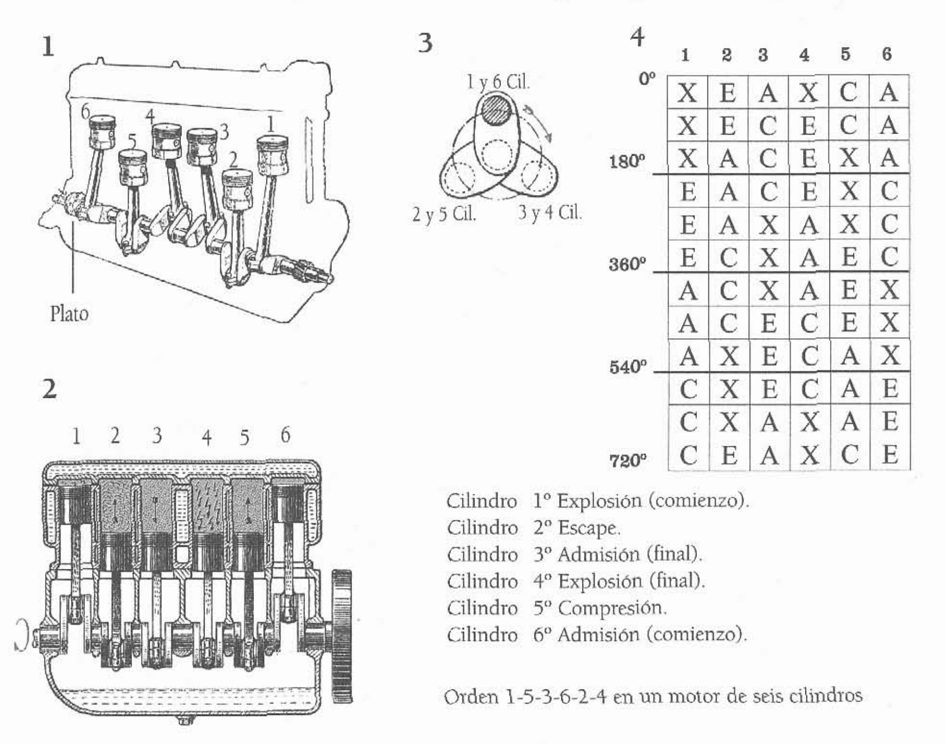
En la tercera media vuelta cada cilindro sigue completando los cinco cuadros del tiempo que les corresponde como se ve en el diagrama.

En la cuarta media vuelta terminan todos de completar los cuadros correspondientes, para estar en condiciones de repetir de nuevo el ciclo.

Vemos que en todos los tiempos hay cinco cuadros seguidos, 180º, el orden de explosiones que sale según la distribución de los codos es: 1-4-2-5-3 se puede apreciar también que las Explosiones se superponen en 36º de giro, es decir, 36º antes de que termine de realizar la Explosión el cilindro nº 1, empieza la Explosión el nº 4 y lo mismo ocurre con el 2 y con el cinco y con el tres. Este desfase o superposición ocurre en todos los tiempos, el cigüeñal, se ve, que está prácticamente recibiendo siempre impulsos de la explosión en toda su longitud.

2.1.4. Motores de seis cilindros

En la figura 1.45 detalle 1, se ve el aspecto de un cigüeñal para un motor de seis cilindros en su forma más corriente, con las bielas y pistones, y su situación relativa en el interior del motor. Los cilindros forman un sólo bloque, atacando los émbolos a un mismo cigüeñal, con las muñequillas dispuestas en ángulo de 120º, produciéndose en cada ciclo seis fuerzas motrices. Los pistones de los cilindros 1 y 6 ocupan la misma posición, e igual



	1	2	3	4	5	6
0º	X	E	A	X	C	A
	X	E	C	E	C	A
180º	X	A	C	E	X	A
	E	A	C	E	X	C
	E	A	X	A	X	C
360º	E	C	X	A	E	C
	A	C	X	A	E	X
	A	C	E	C	E	X
540º	A	X	E	C	A	X
	C	X	E	C	A	E
	C	X	A	X	A	E
720º	C	E	A	X	C	E

Figura 1.45.

ocurre con los grupos 2-5 y 3-4. Cada grupo (1-6, 2-5, 3-4) está dispuesto a un tercio de vuelta del siguiente. Para determinar un orden de encendido es fundamental la posición que ocupen los codos en el cigüeñal, pues variando la forma de éste, podrían obtenerse varios órdenes de explosiones.

El trabajo simultáneo de los seis cilindros se aprecia en el detalle 2 de la misma figura (no se dibujan las válvulas para mayor sencillez). El 4 acaba de hacer explosión; el 1 la empieza en la posición de la figura. Al tercio de vuelta siguiente habrán llegado al PMS los pistones 2 y 5; cuando empiecen a bajar, uno de los dos lo hará en explosión, y como el 5 estaba en compresión, éste será el que realice la carrera de trabajo, mientras que el 2, que estaba en escape, hará la admisión. Al tercio de vuelta siguiente estarán en el PMS los pistones 3 y 4; como en el cilindro 4 ocurrió la explosión en la vuelta anterior, ahora será en el 3, y así sucesivamente.

Las operaciones en cada cilindro, a medida que gira el motor, se pueden seguir fácilmente, viendo en el detalle 3, a cada tercio de vuelta, qué codos del cigüeñal se presentan en PMS y qué tiempo del ciclo realizaba cada cilindro. El orden de explosiones resultante es 1-5-3-6-2-4, que es, prácticamente, el único empleado.

En la figura 1.45 se representa un esquema del cigüeñal visto desde la polea del mismo, de perfil, 3.

Suponiendo una colocación de codos como se ve en el detalle y un sentido de giro a derechas, partiendo de la posición de los cilindros 1 y 6 en el PMS se realiza el siguiente ciclo representado en el cuadro de trabajo 4. figura 1.15.

En la 1ª media vuelta, 180° de giro del cigüeñal, los cilindros nº 1 y 6 realizan el recorrido del PMS al PMI haciendo el tiempo de Explosión, el 1, y Admisión, el 6. Los cilindros 2 y 5 suben durante 120° de giro del cigüeñal realizando Escape el 2 y Compresión el 5, hasta el PMS; terminan 60° de giro, hasta los 180°, haciendo Admisión el 2 y Explosión el 5. Los cilindros 3 y 4 bajan realizando 60° de giro del cigüeñal hasta el PMI haciendo los tiempos de Admisión, el 3 y Explosión el 4; completando los 120° subiendo y realizando los tiempos siguientes de Compresión, el 3 y Escape, el 4.

La primera media vuelta está representada en el diagrama de trabajo de la figura 1.45, detalle 4. Se han dividido los 180° en cuadros de 60° cada uno, tres cuadros por tiempo, que es el desfase que existe entre los 180° de giro del cigüeñal que dura cada tiempo y los 120° de ángulo de situación de los codos.

En la segunda media vuelta se ve en el cuadro de trabajo, 4, que los cilindros 1 y 6 realizan los tiempos siguientes: Escape, el 1, Compresión ,el 6. Los cilindros 2 y 5 hacen 120° de Admisión, el dos, y de Explosión, el 5, completando el tercer cuadro con 60° de Compresión, el 2 y Escape, el 5. Los cilindros 3 y 4 comienzan la 2ª media vuelta con 60° de Compresión, el 3 y Escape, el 4, un cuadro, para seguir realizando los 120° siguientes, Explosión, el 3 y Admisión, el 4.

En la tercera y cuarta media vuelta cada cilindro completa los tres cuadros de 60° de los tiempos correspondientes, como se ve en el diagrama, habiéndose obtenido un orden de Explosiones de 1-5-3-6-2-4.

Las Explosiones se superponen de forma que 60° antes de la terminación de la Explosión en el nº 1, comienza la Explosión en el nº 5 y así ocurre lo mismo con el cilindro nº 3 y con el 6, el 2 y el 4, el cigüeñal está recibiendo impulsos de la Explosión prácticamente de forma constante en toda su longitud.

En dos vueltas del cigüeñal ha habido seis Explosiones que han empezado cada 120° de giro del mismo, como la Explosión dura 180°, se ve que hay una superposición de 60°

en la ejecución de las mismas. El Volante del motor puede ser más pequeño, no necesita almacenar tanta energía como en los motores de menos cilindros.

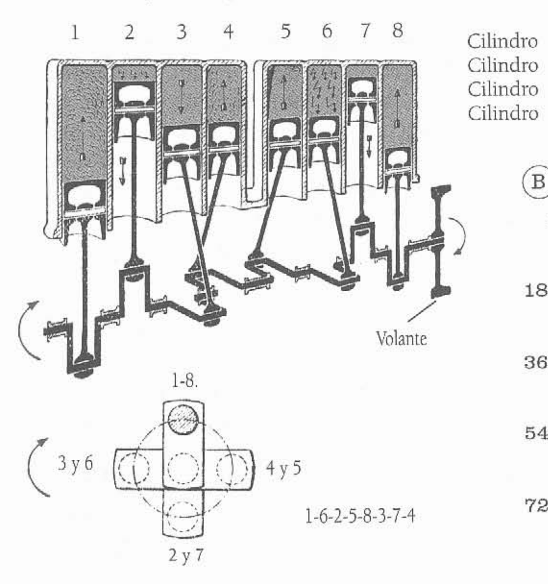
2.1.5. Motores de ocho cilindros

Repartiendo la potencia del motor entre ocho cilindros, todavía se consigue más regularidad en el giro que con los motores anteriores. Para una misma potencia, la fuerza de cada explosión en el de ocho cilindros será menor que en los de cuatro, cinco o seis, y en cambio serán más seguidas porque en cada dos vueltas del cigüeñal habrá ocho explosiones.

La disposición de los cilindros en línea (Fig.1.46), es decir, seguidos, uno a continuación del otro, se utiliza en algunos vehículos pesados y en algunos turismos de altas prestaciones y caros, son motores que de forma longitudinal ocupan mucho espacio, requieren además un cigüeñal muy largo y robusto difícil de equilibrar. Los cigüeñales empleados son del tipo "2,4,2", como un cigüeñal de un cuatro cilindros entre las dos mitades de otro, con los codos del primero (pistones 3-4-5-6) en ángulo recto con las dos mitades del segundo (1-2 y 7-8).

En la figura 1.46 detalle A, se representa un cigüeñal de un motor de ocho cilindros en línea visto desde la polea del cigüeñal, de perfil. Suponiendo una colocación de codos expresada y un sentido de giro a derechas, como es normal, partiendo de la posición de los cilindros 1 y 8 en el PMS, se realiza el siguiente ciclo representado en el cuadro de trabajo B de la figura 1.46.

En la 1ª media vuelta, 180° de giro del cigüeñal , los cilindros nº 1 y 8 realizan el recorrido del PMS al PMI haciendo el tiempo de Explosión, el 1 y Admisión, el 8. Los cilindros 2 y 7 suben realizando Compresión, el 2 y Escape, el 7. Los cilindros 3 y 6, realizan 90° de giro del cigüeñal subiendo, haciendo Escape, el 3 y Compresión el 6, completan los 180° haciendo Admisión, el 3 y Explosión el 6. Los cilindros 4 y 5, durante 90° de giro del cigüeñal, hacen los tiempos de Explosión, el 4 y Admisión el 5, completan los 180° de giro con el Escape, el 4 y Compresión el 5.



Cilindro 1° Escape
Cilindro 2° Explosión
Cilindro 3° Admisión
Cilindro 4° Escape
Cilindro 5° Compresión
Cilindro 6° Explosión
Cilindro 7° Admisión
Cilindro 8° Compresión

(B)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1°	X	C	E	X	A	C	E	A
	X	C	A	E	C	X	E	A
180°	E	X	A	E	C	X	A	C
	E	X	C	A	X	E	A	C
360°	A	E	C	A	X	E	C	X
	A	E	X	C	E	A	C	X
540°	C	A	X	C	E	A	X	E
	C	A	E	X	A	C	X	E
720°								

Figura 1.46.

La 1ª media vuelta está representada en el diagrama de trabajo B,. Se han dividido los 180° de giro en cuadros de 90° cada uno, dos cuadros por tiempo, que es el desfase que existe entre los 180° de giro del cigüeñal que dura cada tiempo y los 90° de ángulo de situación de los codos.

En las siguientes medias vueltas cada cilindro realiza dos cuadros, 180° de giro, del tiempo que a cada uno le corresponde, como se ve en el diagrama.

Las Explosiones se superponen de forma que 90° antes de que termine el tiempo que está realizando un cilindro, comienza la explosión en el otro según el orden expresado. El cigüeñal recibe Explosiones cada 90° de giro en toda su longitud.

En dos vueltas del cigüeñal ha habido ocho Explosiones, el orden de Explosiones obtenido es 1-6-2-5-8-3-7-4; se consigue una marcha muy regular que no necesita un volante voluminoso para almacenamiento de energía, éste puede ser mas pequeño que el de motores de menos cilindros. En cada motor y según el sentido de giro, el orden de Explosiones es el mismo que el de las Admisiones, Compresiones y Escapes, viendo como se abren o cierran las válvulas en un motor se puede saber el orden, en el montaje del mismo o bien girando el cigüeñal despacio observando las válvulas, cuando esté el motor puesto en el vehículo.

2.2. Tipos por su arquitectura

El área ocupada por el motor, de cara a disponer de mayor espacio en el habitáculo, y la simplicidad de sus formas, para que las tareas de mantenimiento sean más fáciles y económicas, obligan a los constructores a adoptar diferentes disposiciones hoy en día corrientes, y que hacen denominar a los motores, atendiendo a su arquitectura, en:

- Motores con cilindros en línea, longitudinal o transversalmente colocado.
- Motores con cilindros en " V ".
- Motores con cilindros horizontales y opuestos.

2.2.1. Motores en línea

Es la configuración más corriente, bien sea dispuesta de forma longitudinal o transversal, dependiendo ésta del número de cilindros, de la cilindrada del motor, y del espacio disponible. Los cilindros están dispuestos en un sólo bloque, verticalmente en un mismo plano, y uno a continuación del otro. El conjunto se coloca en el vehículo vertical, o inclinado cuando el motor es transversal, para disminuir alturas. Es el montaje habitual de los motores de 2, 3, 4 y 5 cilindros, y en ocasiones también para los motores de 6 cilindros.

Esta disposición permite gran accesibilidad a los diferentes órganos anexos, aunque la mayor longitud del motor y por consiguiente del cigüeñal, supone un gran inconveniente.

2.2.2. Motores en V

En este caso los cilindros se disponen en dos bloques, uno al lado del otro, formando normalmente un ángulo entre sí de 60°, 90° ó 120°, y usando un solo cigüeñal común a ambos bloques. Este sistema ha sido el usado siempre para los motores de 12 y 16 cilindros, en los que la colocación en línea daría como resultado un motor exageradamente largo, con graves inconvenientes de construcción y colocación, pues ocuparían mucho espacio a lo largo del vehículo, y los largos cigüeñales habrían de ser enormemente robustos para resistir bien las vibraciones torsionales. Tales inconvenientes también se presentaban con los ocho cilindros en línea, produciéndose el último de estos en el año 1954, al ponerse de moda después de la Segunda Guerra Mundial los "ocho cilindros en V".

En la figura 1.47 se ve la forma exterior de un motor de ocho y seis cilindros en V, compuesto por dos bloques de cuatro en el primer caso, diseñando en su interior la colocación relativa de pistones y bielas sobre el único cigüeñal. Cada dos bielas formando V atacan al mismo codo, como se ve para los cilindros seccionados, resultando un motor apenas más largo que el de la mitad del número de cilindros. La sujeción de las bielas parejas al cigüeñal se hace por alguno de los tres procedimientos de la figura 1.48:

Figura 1.47.

Figura 1.48.

- En el detalle 1, se articula una de las bielas a la cabeza de la otra, llamada *maestra*.
- En 2, una biela tiene su cabeza entre las dos ramas, en horquilla, de la cabeza de la otra biela.
- En 3 se representa el sistema corriente, muy usado, de colocar sencillamente una biela al lado de la otra, como también se ve en la figura 1.49, que muestra el cigüeñal y bielas de un ocho cilindros en V. Las masas o contrapesos que lleva el cigüeñal regularizan su giro, compensando el movimiento alternativo de los pistones y las bielas. La colocación de estas, una al lado de la otra, obliga a desplazar los bloques entre sí, a lo largo del cigüeñal, una longitud igual a la anchura de la cabeza de la biela, y en este pequeño detalle se diferencian estos motores de los pocos que usan los sistemas de horquilla o maestra.

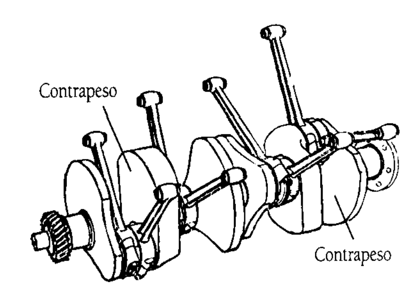


Figura 1.49.

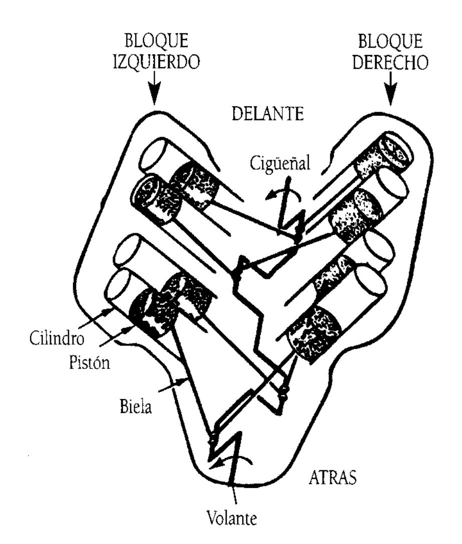


Figura 1.50.

En la figura 1.50 se diseña en esquema la organización de un ocho cilindros en V. Los cilindros de ambos bloques quedan enfrente unos de otros, y las bielas de cada pareja atacan el mismo codo del cigüeñal. Obsérvese que éste no tiene sus cuatro codos en un mismo plano, como si fuera para un motor de cuatro cilindros, sino que los dos del medio están en ángulo recto con los extremos. Esto conviene para compensar el mismo ángulo que forman los cilindros (bloques a 90°), de modo que las explosiones tengan lugar sensiblemente a cada cuarto de vuelta.

La numeración usada, normalmente, se explica en la misma figura: visto el motor desde el asiento del conductor, se numeran los cilindros del bloque izquierdo con los números impares 1, 3, 5, 7, de delante a atrás, y los derechos con los pares 2, 4, 6, 8. Aquí no hay un orden de explosiones que tengan un uso general, sino que son dos los más empleados actualmente; la mayoría usa el 1-8-4-3-6-5-7-2, mientras que el 1-8-7-3-6-5-4-2 (que permuta el 4 por el 7) es el adoptado por Buick, Oldsmobile y algunos modelos pequeños de Ford y Mercury.

En los catálogos y libros de mantenimiento no siempre se da el orden de explosiones que acaba de exponerse; pero, es porque los fabricantes numeran los cilindros de distinto modo al indicado en la figura. Teniendo esto en cuenta, el orden de explosiones resultante es equivalente al indicado aquí.

La colocación en V es característica de los motores con ocho cilindros, como quedó dicho, pero cada vez se generaliza más su uso para los seis cilindros(5).

2.2.3. Motores horizontales opuestos

Esta disposición resulta adecuada para que los cilindros sean enfriados directamente por una corriente de aire, sin necesidad de la clásica circulación de agua como intermediaria; se utiliza para reducir la altura del motor y bajar el centro de gravedad. Todos los nombres citados a continuación tienen refrigeración por aire. Hay uno, de cuatro cilindros opuestos, el Lancia Flavia, que usa enfriamiento por agua.

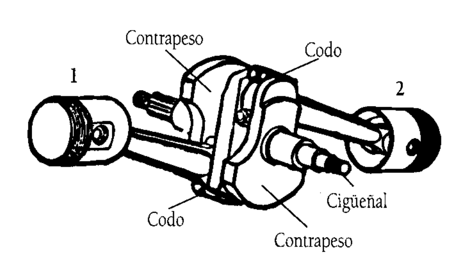
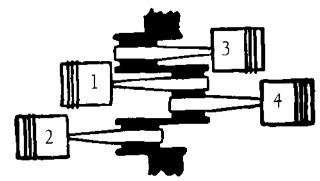


Figura 1.51.

Primero Panhanrd y después Citroën en su 2 CV, Dyane y Visa, han hecho uso del motor de dos cilindros horizontales opuestos. La figura 1.51 muestra cómo el cigüeñal tiene los dos codos opuestos, de modo que ambas bielas se mueven, juntando y separando los pistones 1 y 2; cuando el 1 hace la admisión, el 2 hará la explosión. Hay una explosión por cada vuelta del cigüeñal. El movimiento de los

émbolos, a la vez hacia dentro, y luego los dos hacia fuera, es perfectamente equilibrado por los contrapesos situados opuestamente a los correspondientes codos.



Motor de cuatro cilindros hirizontales opuestos (Volkswagen).

Figura 1.52.

Con cuatro cilindros horizontales opuestos se ha hecho mundialmente conocido el Volkswagen, y la misma disposición tienen los Porsche (del ingeniero de este nombre que creó el Volkswagen). La disposición de codos que permite el espaciamiento de las explosiones a una por cada media vuelta del cigüeñal, con el mejor equilibrio de las piezas en movimiento, es la de las figuras 1.52 y 1.53, resultando el orden de trabajo 1-4-3-2 con el sistema de numeración señalado.

Con seis cilindros horizontales opuestos existe un motor que se instala en el Corvair de Chevrolet.

Más adelante en "Ejemplos de motores", se detalla la constitución de dos populares motores con cilindros horizontales opuestos(6).

Este tipo de motor tiene los cilindros dispuestos en dos bloques opuestos, separados por el cigüeñal.

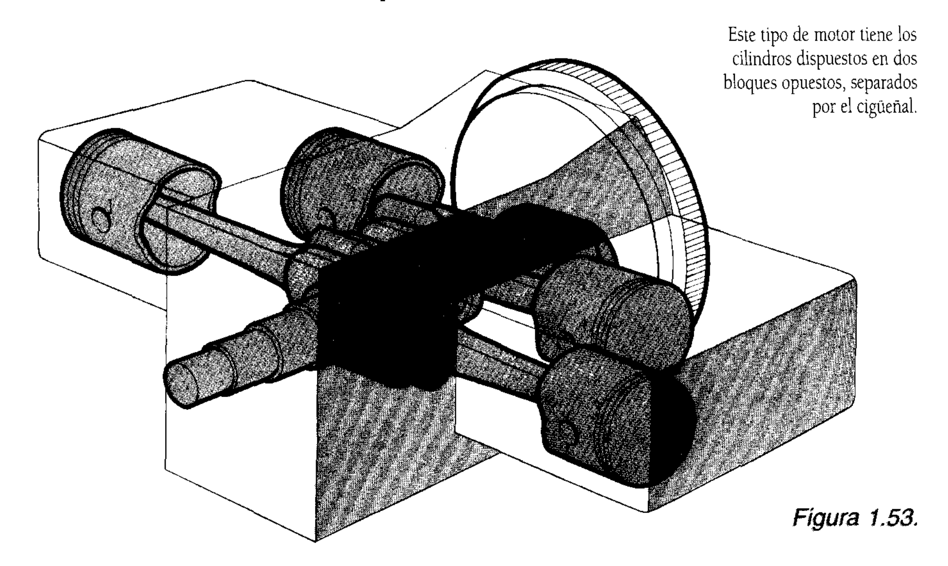


Figura 1.53.

2.3. Comparación entre motores de varios cilindros

Con dos cilindros han funcionado perfectamente automóviles como el Citroën 2CV, BMW-700, NSU-Prinz, Fíat 500 y el Panhard, sin que se hiciesen sensibles en la marcha del vehículo los "tirones" de cada explosión. Pero a partir de la cilindrada de 800 cc., parece ya necesario repartirla entre cuatro cilindros, que son los empleados por los automóviles corrientes hasta los dos litros y cuarto, como máximo práctico.

A partir de los dos litros de cilindrada aparecen los seis cilindros, de uso general entre dos y cuatro litros; y desde los tres litros y medio en adelante es donde tienen su mayor aplicación los de ocho cilindros, para que cada uno de estos no tenga un tamaño demasiado grande y sus explosiones no sean tan potentes que se noten en la marcha del motor o del vehículo.

Todo esto es en líneas generales y para los turismos, pues en los camiones tiene menos importancia.

2.3.1. Avances tecnológicos

La experiencia adquirida por Ford, entre otros, en la competición crea una avanzada gama de motores de gasolina Zetec 16 V (1.6,1,8, y 2.0 litros) y Duratec-VE de 6 cilindros. Sus curvas de par motor son muy planas, lo que permite obtener un 80% de sus valores máximos en cualquier régimen, proporcionando una potencia uniforme y gran respuesta con sólo pisar el pedal.

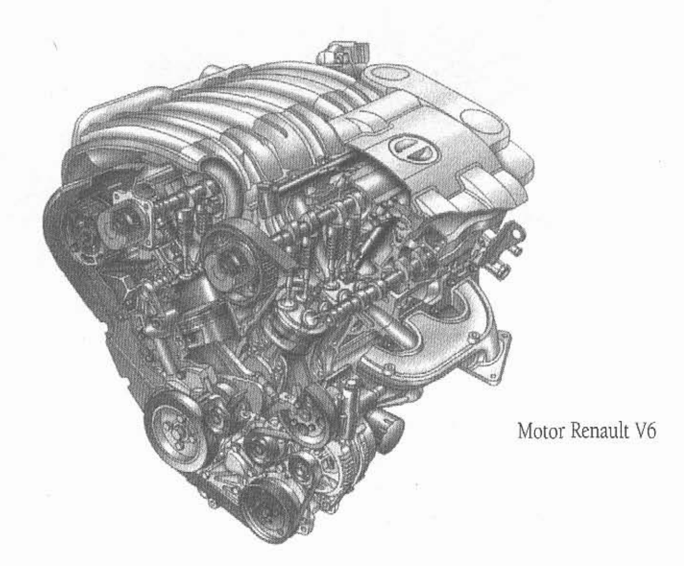
El módulo de control electrónico EEC IV supervisa constantemente el funcionamiento del motor procesando 1,25 millones de instrucciones por segundo. La inyección electrónica secuencial (SEFI) combinada con el sistema de encendido electrónico sin distribuidor (EDIS) consiguen un arranque preciso en décimas de segundo.

Todos los modelos poseen catalizadores de 3 vías y recirculación de los gases de escape, que producen el mínimo nivel de emisiones durante el arranque en frío junto con una economía de combustible apreciable figura 1.54..

El motor Duratec-VE 2,5 24 V está fabricado en aluminio mediante un proceso de fundición especial siendo una de las unidades más ligeras y compactas en el mundo del automóvil.

El motor Diesel 1.8 litros TCI ("TurboCharged" e" Intercooled" de 90 CV está equipado con un sistema electrónico de recirculación de gases de escape (RGE) con programa cíclico, catalizador, medios para retardar la puesta a punto de la bomba inyectora. La vigilancia del sistema se hace con una unidad electrónica de control (EDC).

Con todo ello se consigue una buena combinación de potencia y bajos niveles de ruidos y consumos.



Motor Renault V6

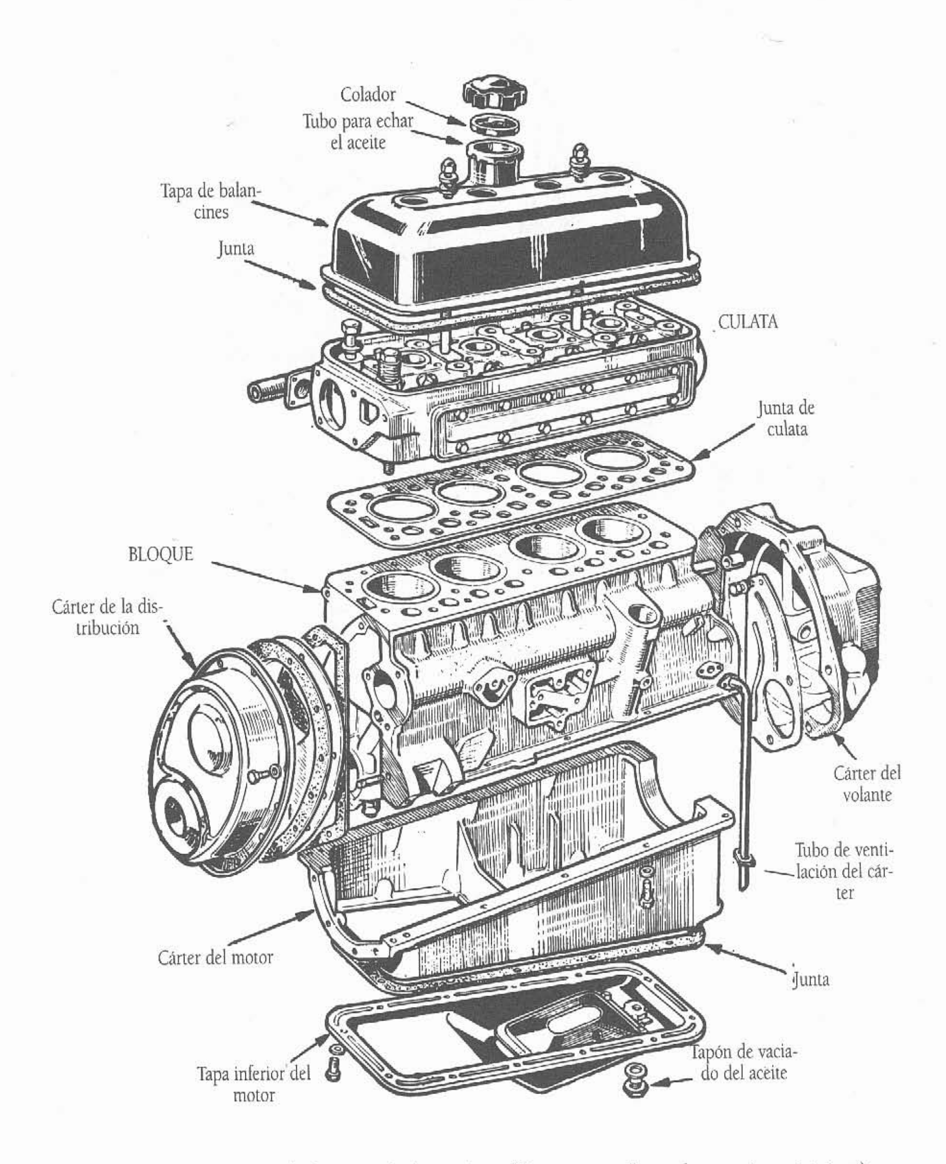
Figura 1.54.

2.4. Ejemplos de motores

Aunque al explicar los diferentes elementos mecánicos que constituyen un motor, se ha dado gráficamente una idea de su colocación relativa, conviene hacer una síntesis del conjunto, a la vez que se describen algunos modelos, bien de tipo muy generalizado o de características especiales, pero popularizadas por alguna marca conocida.

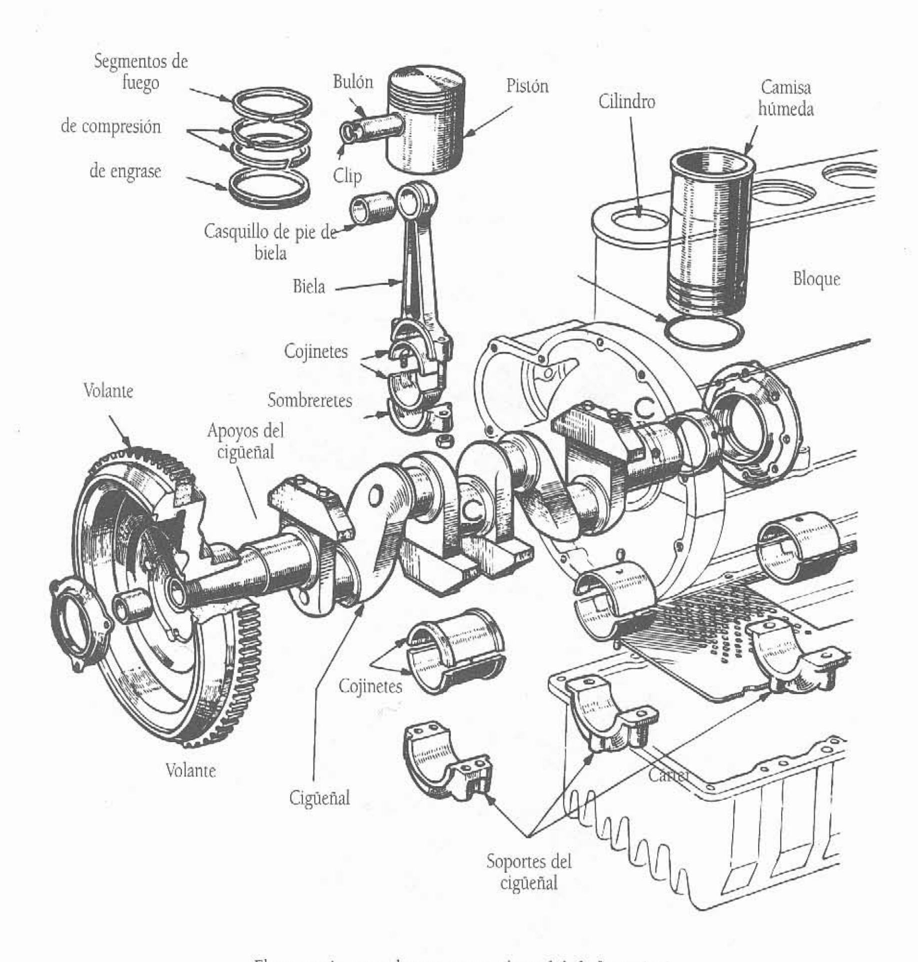
2.4.1. De cilindros en línea

En la figura 1.55 se presenta la parte fija (bloque, culata y cárter) que soporta a las piezas móviles del motor, representadas en la figura 1.56, excepto la distribución.



Motor de cuatro cilindros con válvulas en cabeza. (Elementos que albergan los mecanismos interiores).

Figura 1.55.



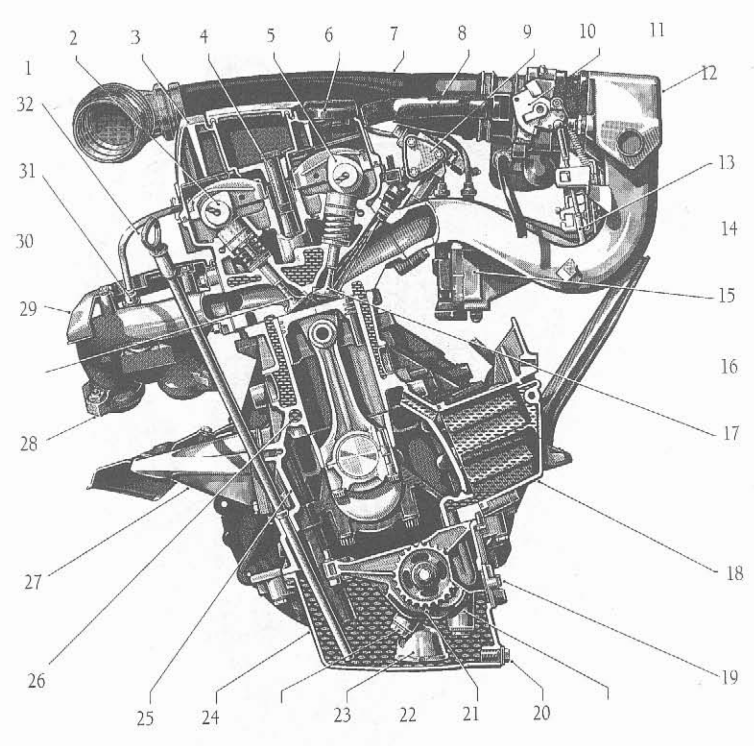
Elementos internos de un motor análogo al de la figura 1.58.

Figura 1.56.

En la figura 1.57 se presenta un conjunto montado, señalando solamente los elementos principales en una vista transparente del motor.

Las figuras 1.55 y 1.56 detallan los elementos; en la 1.57 se explica el resto, especialmente la distribución; el detalle se expone en la figura 1.58 con su leyenda explicativa y en la figura 1.59 se ofrece la sección de un cuatro cilindros inyección. Estos tipos de motores corresponden, en general a la mayoría de los modelos populares de fabricación europea (con camisas como Citröen, figura 1.56), o con cilindros fundidos en el bloque (como Austin, Fíat, Ford Cónsul, Opel, Renault, Simca, Standard, o Vauxhall, entre otros, figura 1.58).

Los motores de seis cilindros en línea son de constitución análoga a estos.



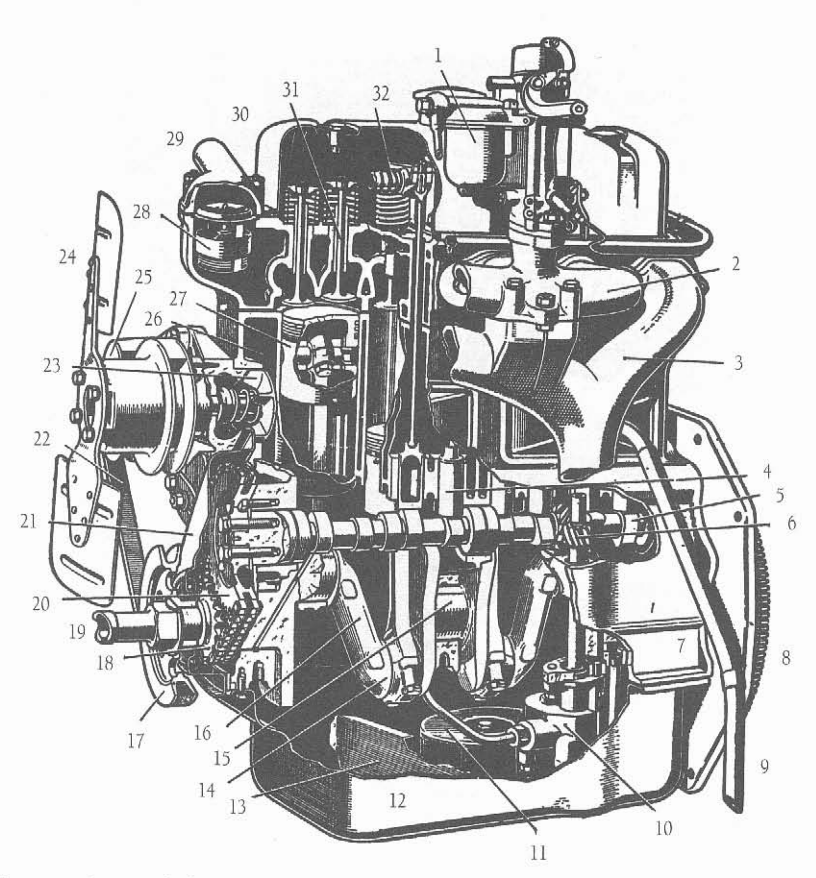
Datos técnicos:

Sistema de trabajo	Cuatro tiempos. Inyección de gasolina
Potencia nominal según directrices CE	100 kW
Par nominal según directrices CE	190 Nm
Núm. de cilindros	4
Diámetro/carrera	89,9/78,7 mm
Cilindrada total efect.	1996 cm³

1. Tapa protectora.
2. Tapa de culata.
3. Cadena de rodillos doble.
4. Arbol de levas de admisión.
5. Taqué hidraúlico de válvula.
6. Tapa de llenado de aceite.
7. Tapa del cojinete del árbol de levas.
8. Conducto de admisión.
9. Válvulas de escape.
10. Argolla de suspensión.
11. Regulador de presión de combustible.
12. Válvula de inyección.
13. Tubo de admisión.
14. Culata.
15. Pistón.
16. Bloque motor.
17. Biela.
18. Junta anular.
19. Volante de inercia.
20. Cárter de aceite.
21. Cigüeñal.
22. Chapa deflectora de aceite.
23. Alcachofa de aspiración de aceite.
24. Bomba de aceite.
25. Cadena de rodillos simple.
26. Antivibrador.
27. Ventilador.
28. Carcasa de la bomba de agua.
29. Acoplamiento del ventilador hidrodinámico.
30. Elemento del filtro de aceite.
31. Termostato del líquido refrigerante.
32. Válvulas de admisión.

Motor M111, Mod. C200
MERCEDES-BENZ

Figura 1.57.



Corte de un motor de cuatro cilindros OHV.

1. Carburador.
2. Colector de admisión.
3. Colector de escape.
4. Taqué (a la izquierda se ve que es una pieza hueca) en su guía.
5. Árbol de levas.
6. Engranaje para mando de la bomba de aceite 10.
7. Cárter superior y bloque.
8. Aro dentado del volante.
9. Tubo de ventilación del cárter.
10. Bomba de aceite.
11. Colador a través del que es aspirado el aceite por la bomba 10.
12. Cárter inferior.
13. Tabiques interiores del cárter para contener el movimiento del aceite.
14. Codo del cigüeñal con cabeza de biela.
15. Apoyo central del cigüeñal.
16. Cigüeñal.
17. Polea en el extremo del cigüeñal para mandar el ventilador.
18. Piñón en el cigüeñal para mando del árbol de levas (por cadena).
19. Rampas en el extremo del cigüeñal para enganchar la manivela de arranque.
20. Piñón del árbol de levas.
21. Cárter de la distribución.
22. Correa para mover el ventilador 24 y la dinamo 25.
23. Bomba de agua en el mismo eje que el ventilador.
24. Ventilador.
25. Polea de la dinamo.
26. Camisa de agua refrigerante.
27. Pistón.
28. Termostato para regular la circulación del agua del sistema de refrigeración.
29. Tubo por el que el agua va al radiador.
30. Tapa de balancines.
31. Válvula en su guía.
32. Eje de balancines.

Figura 1.58.

Tapa de balancines

Válvula

Correa dentada

Pistón

Volante

Cárter

Cigüeñal

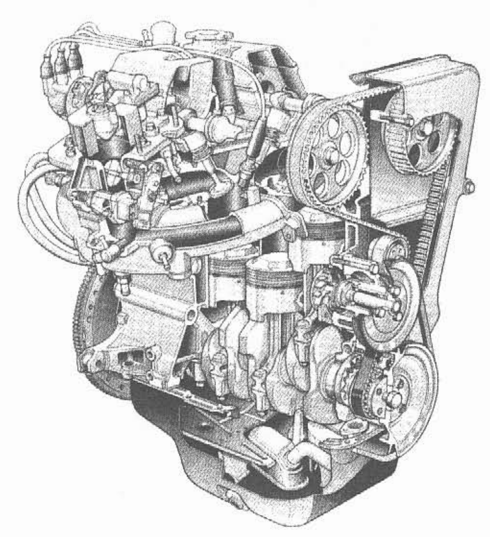
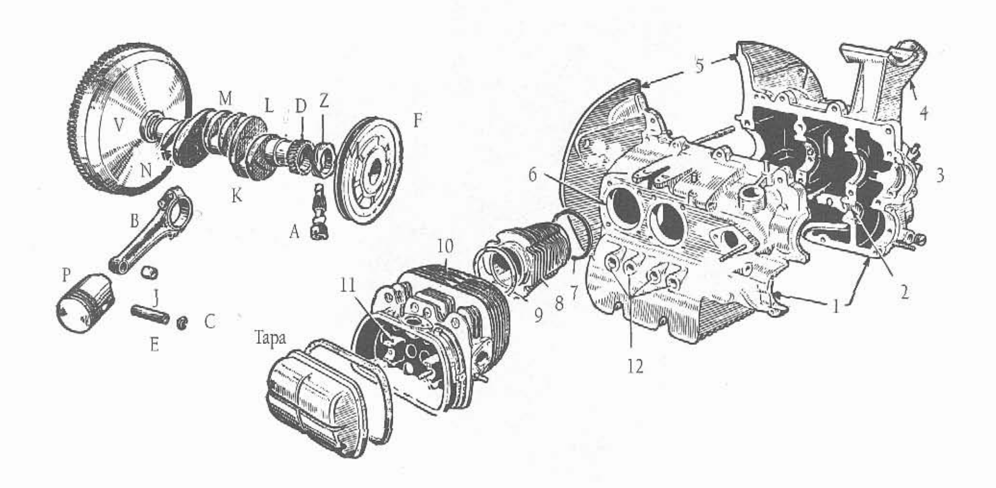


Figura 1.59.

2.4.2. De cilindros horizontales opuestos

La estructura de estos motores, sean de dos o más cilindros, es como en la figura 1.60, que representa el motor de cuatro cilindros horizontales opuestos del alemán Volkswagen, detallándose en la leyenda los diferentes elementos. El cuerpo central está formado por dos semibloques, de los cuales salen, a uno y otro lado, los cilindros. Entre ambos semibloques se forman los soportes para el cigüeñal y para el árbol de levas, que va debajo de aquél; la distribución es por válvulas en cabeza.



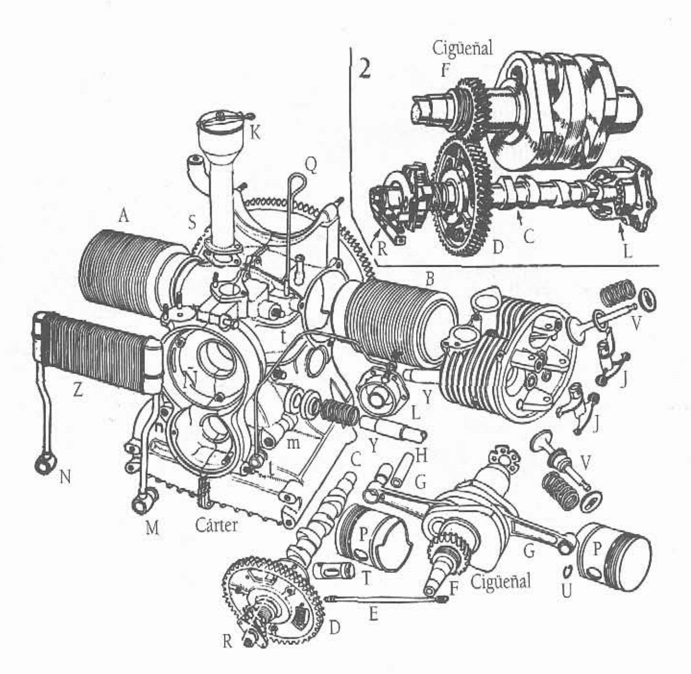
1. Semi-bloques que, unidos, forman el cuerpo central del motor.
2. Soportes del árbol de levas.
3. Soportes del cigüeñal.
4. Brazo soporte para la dinamo.
5. Cárter del volante.
6. Colocación de los cilindros.
7. Junta.
8. Cuerpo del cilindro, con aletas.
9. Junta de culata.
10. Culata.
11. Soportes para el eje de balancines.
12. Alojamiento de los taqués.

V. Volante.
K, L, M, M, codos del cigüeñal.
D. Piñón para la distribución.
Z. Engranaje para el mando A de la bomba de gasolina y del delco.
F, Polea para la correa de mando de la dinamo.
B, Biela del codo N.
P, Pistón.
J, Casquillo de cabeza de biela.
E, Bulón.

Figura 1.60.

El enfriamiento, en la marca citada y en general en esta clase de motores, es por aire, por lo que los cuerpos de cilindro y las culatas llevan aletas para facilitar la refrigeración; los cilindros suelen ser independientes y el fondo de los dos semibloques unidos, forma el cárter para el aceite, cuya circulación se hace por bomba.

En la figura 1.61 se representa despiezado el motor del Citröen 2 CV, de dos cilindros horizontales opuestos, refrigerado por aire. La leyenda con su detalle 2, en el que se representan engranados cigüeñal y árbol de levas, explica cada uno de sus elementos, así como el circuito de engrase, y en la figura 1.62 se muestra otro motor de dos cilindros: el Boxer BMW de 800 cc.



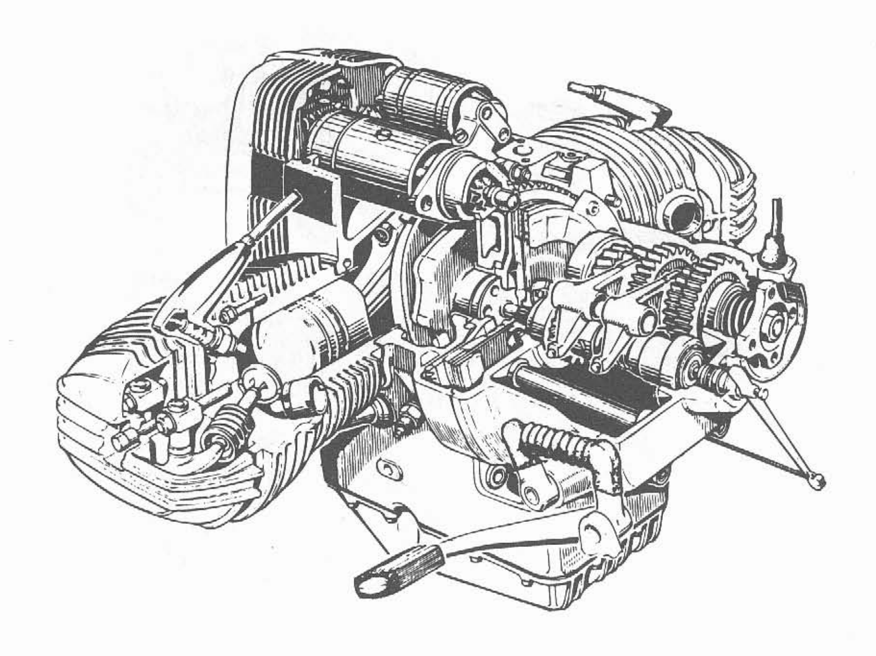
A y B, cilindros con camisas secas.
C, árbol del levas (por el extremo delantero manda el ruptor R del encendido, y por el trasero la bomba de aceite L).
D, piñón de la distribución (árbol C).
E, empujador desde el taqué T, para el balancín J de la válvula en cabeza V.
F, piñón en el cigüeñal que manda el D del árbol de levas.
G, bielas.
H, bulón, sujeto al pistón P por clips U.
K, tubo para llenar de aceite el cárter.
M, el aceite que recoge el cárter de la bomba L es enviado por el interior hueco del árbol de levas C a la válvula de descarga en m, y de aquí por el racor M pasa al radiador Z donde se enfría.
N, salida del aceite desde el radiador Z a n para lubricar los apoyos del cigüeñal y las cabezas de biela. Unas derivaciones desde m y n, por tubos finos como el tt, llevan aceite a engrasar las guías de las válvulas de escape y los balancines. Desde la cámara de válvulas el aceite cae al cárter por los tubos Y que encierran a los empujadores E.
Ñ, apoyos del cigüeñal.
Q, varilla para medir el nivel de aceite en el cárter.
S, volante, dentado para engrane del motor de arranque.
W, apoyos del árbol de levas (debajo del cigüeñal).

Figura 1.61.

2.4.3. Con cilindros en V

En la figura 1.61 se representa un motor de ocho cilindros en V con válvulas en cabeza. Si la cámara de explosión es hemisférica, las válvulas resultan inclinadas y transversales a cada cilindro y requieren el mando que detalla la figura 2.20. *Cuando las válvulas* están alineadas, como en las figuras 2.18-2 y 2.24, también lo están los empujadores y balancines, y a este sistema pertenece el motor que aparece cortado en la figura 1.63, cuya leyenda detalla los diferentes componentes.

Las figuras 1.64 y 1.65 muestran, sin entrar en detalles, otros tipos de motores en V.



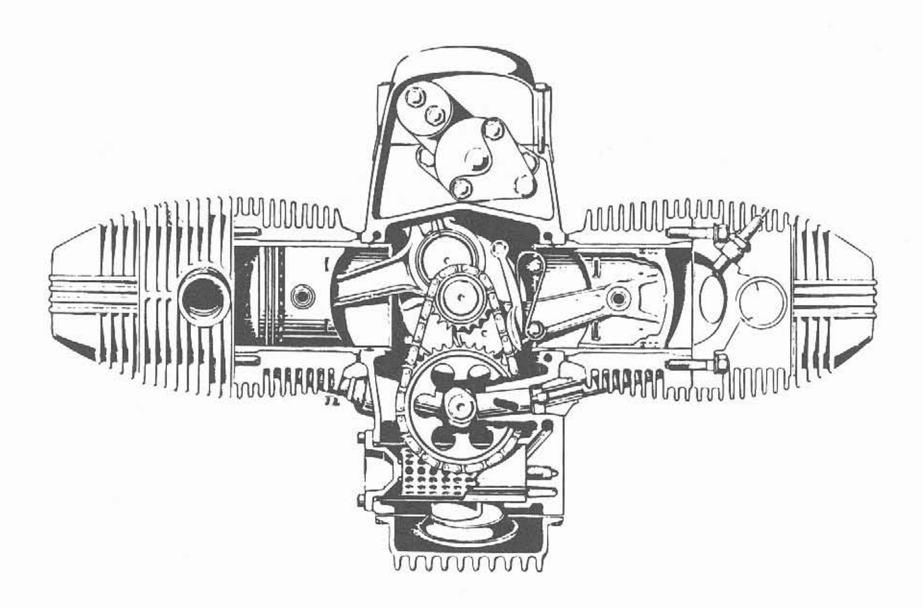
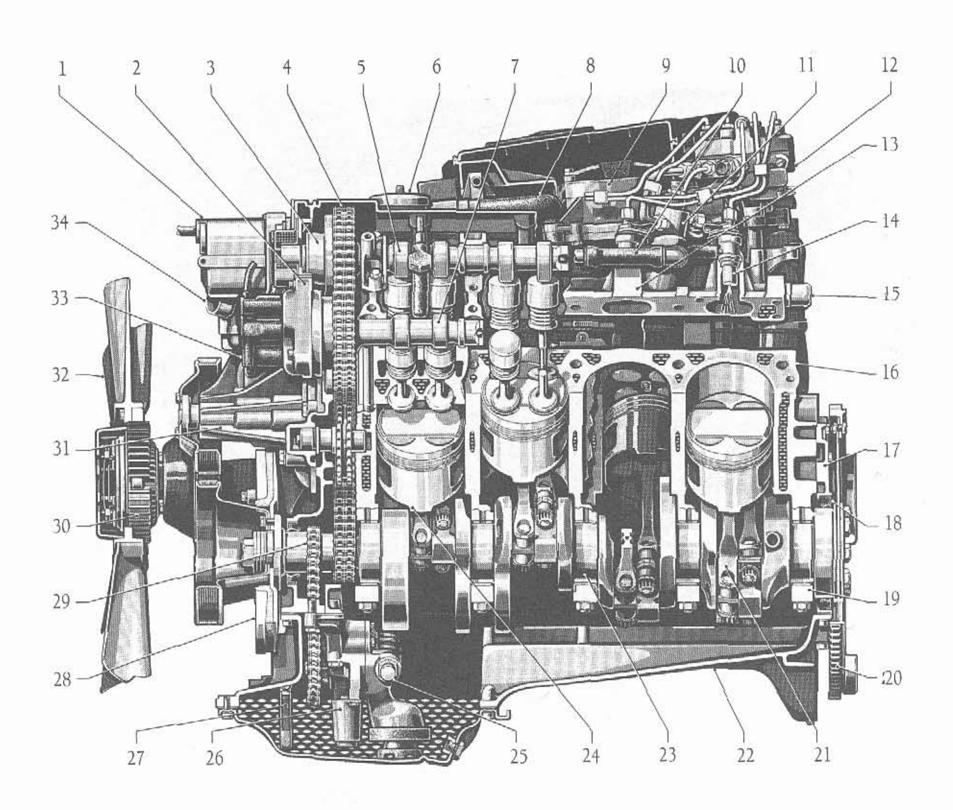


Figura 1.62.



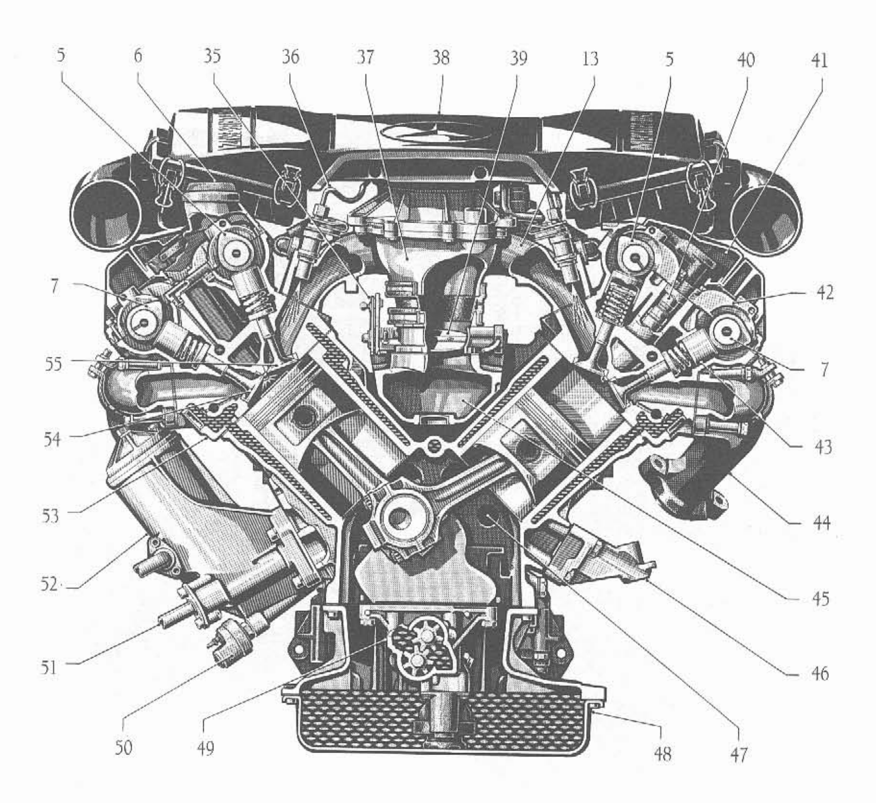
Datos técnicos:

Sistema de trabajo	Cuatro tiempos. Inyección de gasolina
Potencia nominal	KAT
según 80/1269/CEE	240 KW/326 CV
Par motor nominal	KAT
según 80/1269/CEE	450 Nm
Núm. de cilindros	8
Diámetro/carrera	96,5/85,5 mm
Cilindrada total efect.	4973 cm^3

Motor M119
MERCEDES-BENZ

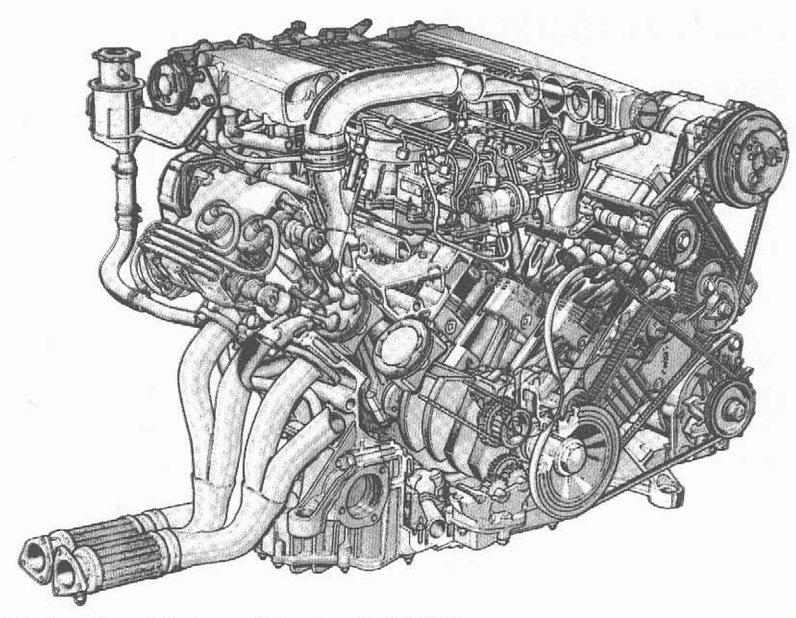
1. Elemento de mando, aceleración electrónica.
2. Distribuidor de alta tensión.
3. Ajustador del árbol de levas.
4. Cadena de rodillos doble.
5. Árbol de levas de admisión.
6. Boca de llenado de aceite.
7. Árbol de levas de escape.
8. Tubo flexible moldeado (posicionador de ralentí).
9. Sonda volumétrica de aire.
10. Tubo flexible moldeado (aire de ralentí).
11. Regulador de presión de membrana.
12. Distribuidor dosificador.
13. Tubo de admisión.
14. Válvula de inyección.
15. Entrada de agua de calefacción.
16. Bloque motor.
17. Tapa de cierre.
18. Junta anular.
19. Sombrerete de bancada.
20. Corona dentada de arranque.
21. Biela.
22. Parte superior cárter de aceite.
23. Cigüeñal.
24. Pistón.
25. Válvula de sobrepresión de aceite.
26. Interruptor del nivel de aceite.

Figura 1.63.



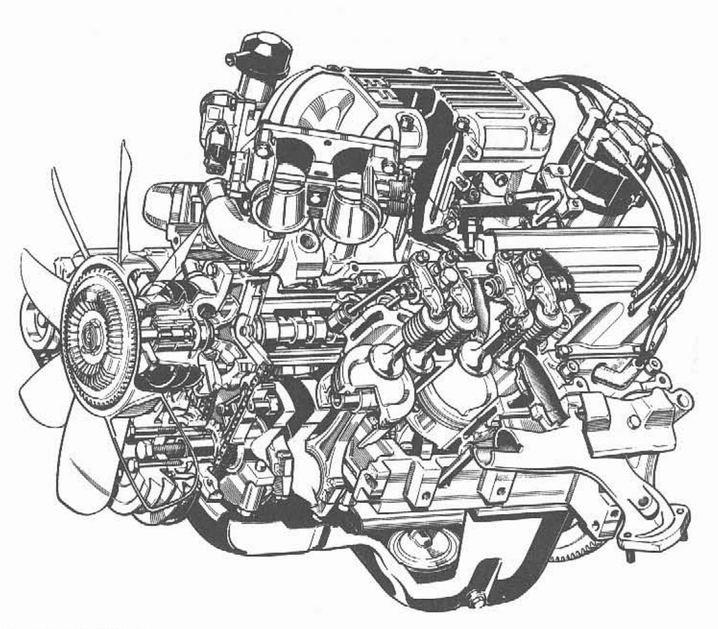
27. Varilla del nivel de aceite.
28. Antivibrador.
29. Cadena de rodillos simple (accionamiento bomba de aceite).
30. Acoplamiento del ventilador hidrostático.
31. Bomba de agua.
32. Ventilador.
33. Cable de encendido.
34. Tubuladura de entrada (agua).
35. Varillaje de aceleración.
36. Tubería de combustible.
37. Caja de conducción de aire.
38. Filtro de aire.
39. Mariposa de estrangulación.
40. Terminal desparasitado de bujía.
41. Tapa de culata.
42. Cojinete del árbol de levas.
43. Taqué hidráulico.
44. Colector de escape.
45. Parte inferior del tubo de admisión.
46. Soporte del motor.
47. Orificio de compensación de presión.
48. Parte inferior cárter de aceite.
49. Bomba de aceite.
50. Transmisor de presión.
51. Tubería del refrigerador de aceite.
52. Filtro de aceite.
53. Culata.
54. Válvula de escape.
55. Válvula de admisión.

Figura 1.63.



Motor 8 cilindros en V con 4 válvulas por cilindro e inyección (LANCIA)

Figura 1.64.



Motor de 6 cilindros en V (FORD)

Figura 1.65.

3. CÁLCULOS TÉCNICOS

3.1. Cilindrada

La cilindrada de un motor de un cilindro es el volumen o espacio "V" que queda comprendido entre el punto muerto superior e inferior, del recorrido del pistón; o sea, que es "lo que respira el motor".

En los motores de varios cilindros, por ser todos iguales, se obtiene multiplicando la de uno por el número de ellos. Se expresa en litros o en centímetros cúbicos (cc.).

La *carrera* del pistón (recorrido desde el PMS al PMI) y el *calibre* (diámetro del cilindro) se mide en milímetros.

Si la carrera es igual al calibre, se dice que el motor es "cuadrado"; si es inferior, entonces es "supercuadrado"; y si es superior se dice "alargado".

Ejemplo: en un motor Opel Corsa de 1.0 de cuatro cilindros, el calibre es de 72 mm. y la carrera de 61 mm., por tanto su cilindrada será: $V = p \times r^2 \times C = 993$ cc., donde: N, es el número de cilindros -D, es el calibre en mm., -C, la carrera en mm.

La tendencia es construir motores con mayor **calibre** que **carrera**, motores supercua**drados**, se evita el hacer motores con gran altura; las medidas del diámetro del cilindro y la carrera del pistón suelen ser muy próximas y a veces iguales, motores **cuadrados** y para determinar el calibre de un cilindro se tiene en cuenta el coeficiente de dilatación del pistón, entre otros aspectos, un diámetro elevado del pistón necesitaría un ajuste en el cilindro con mayor holgura en frío que otro de menor diámetro.

Por otra parte la "masa" del pistón no conviene que aumente demasiado, las actuales velocidades de giro de los motores trae consigo una gran velocidad lineal del pistón hacia arriba y hacia abajo, velocidad además **variable**, pasando de cero en los puntos muertos superior e inferior a una velocidad máxima hacia la mitad de la carrera, tanto mayor cuanto más deprisa gira el motor.

En la fig. 1.66 se dibuja el pistón situado en el PMS del cilindro con el codo del cigüeñal en prolongación con la biela. La carrera del pistón es igual a dos veces la longitud del codo del cigüeñal, la distancia 0-1, es la longitud del codo, media carrera.

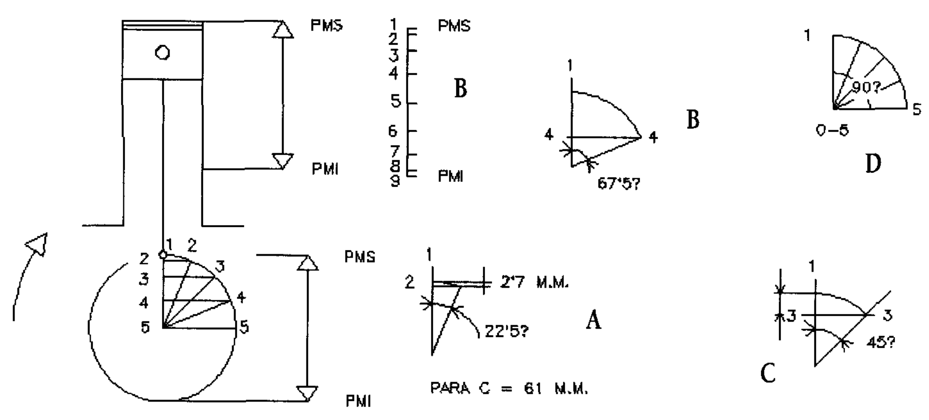


Figura 1.66.

Para comprobar que el recorrido lineal del pistón es variable, dividimos los 180° de giro del cigüeñal en arcos iguales de 22,5° de abertura, veremos que a una velocidad de giro constante del cigüeñal corresponderán distintos recorridos del pistón.

En la posición 1 del codo, el pistón se encuentra en el PMS. En la posición 2' del codo el pistón ha bajado la distancia 1-2, fácil de averiguar si tenemos en cuenta el triángulo rectángulo 0-2-2' (detalle A): Distancia 1-2 = distancia 0-1 menos distancia 0-2. La distancia 0-2 = 0-1 x coseno de 22,5°. Suponiendo los datos del OPEL CORSA anteriormente expuesto con una carrera de 61 mm tenemos:

Posición del pistón con el giro 2' = 30,5 – 30,5 x coseno de 22,5° = **2,32 mm**. En la parte inferior se sitúa el punto que alcanza la cabeza del pistón por debajo del PMS (detalle B).

En la posición 3' del codo el pistón ha bajado la distancia 1-3 (detalle C): Distancia 1-3 = 0-1 – 0-3, siguiendo con nuestro ejemplo Distancia 1-3 = 30,5 – 30,5 x coseno de 45° = **8,93 mm**. Vemos ya que en el segundo ángulo igual recorrido por el codo del cigüeñal el pistón ha bajado **más de 4 veces** la distancia que bajó en el primer ángulo considerado.

En la posición 4' del codo del cigüeñal el pistón ha bajado la distancia 1-4 (detalle D): Distancia 1- 4 = 0- 1_ 0- 4, en nuestro ejemplo Distancia 1-4 = 30,5 – 30,5 x coseno de 67,5° = **18,82 mm.** La distancia es **mucho mayor** que la recorrida por el pistón en el primer ángulo considerado y **más del doble** que la del segundo ángulo considerado.

En la posición 5' el pistón ha bajado la distancia 1-5 (detalle E), que es la longitud del codo del cigüeñal, media carrera, en nuestro ejemplo **30,5 mm.**

En cinco ángulos iguales de giro del cigüeñal considerados el pistón ha bajado a diferentes velocidades, alcanzando la máxima al final del recorrido 3-4 para luego disminuir la velocidad en el tramo 4-5. Considerando otros cinco ángulos hasta el final de la carrera, en el detalle B, se trazan las posiciones que adquiere el pistón siguiendo los mismos cálculos expuestos. Posiciones 6,7,8 y 9.

Se ha querido demostrar la importancia que tiene la masa del pistón y por tanto la medida del calibre y carrera del cilindro. Si damos mucha carrera al cilindro la velocidad del pistón hacia arriba y abajo será más variable, aumentando la fuerza de inercia en el desplazamiento y también el rozamiento del mismo. Si disminuimos la carrera en exceso, habrá que aumentar el calibre para conseguir buena cilindrada, aumentando también el tamaño del pistón, con los inconvenientes que en cuanto a la dilatación del mismo se producen además de las pérdidas de calor. Los fabricantes, con la experiencia y con las nuevas tecnologías de materiales conseguidos, cada vez son las piezas más ligeras y resistentes, construyen motores con calibres y carreras adecuadas teniendo en cuenta las consideraciones expuestas.

Son ejemplos de motores actuales

Ford Escort 1.6	N = 4 cilindros	D = 76 mm.	C = 88 mm.
Citröen Zx 1.6	N = 4 cilindros	D = 83 mm.	C = 73 mm.
Audi 100 2.6E	N = 6 cilindros	D = 82,5 mm.	C = 81 mm.
BMW 740i	N = 8 cilindros	D = 89 mm.	C = 80 mm.

3.2. Relación de compresión

En la figura 1.67 se dibuja un cilindro con su pistón en el PMS y en el PMI Cuando el émbolo está abajo, por ejemplo al final de la admisión, el volumen que ocupan los gases es toda la parte rayada que se compone de la parte "V" (espacio que recorre el pistón al subir al PMS en el detalle de la izquierda), más la parte "v" que es donde se quedan comprimi-

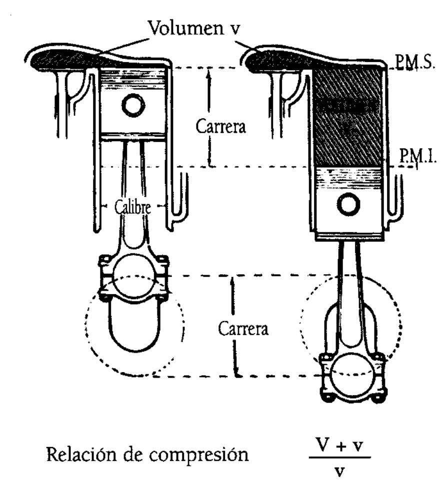


Figura 1.67.

dos y achicados los gases al final de la compresión. El volumen total "V + v" es aproximadamente, de seis a once veces mayor que el "v", y a esa relación se le llama **relación de compresión**. Como se verá en el capítulo de "Carburación", el índice de octano y la forma de la cámara de compresión, caracterizan la aptitud de un carburante para resistir a la detonación. El empleo de transmisiones automáticas, al eliminar el riesgo de llevar el motor a plenos gases y pocas revoluciones (motor apurado), permite aumentar la compresión, por consiguiente la potencia, sin que aparezca la detonación.

La *relación de compresión* no es más que un número, relacionado con la construcción del motor, puesto que depende del valor relativo de las dimensiones "V" y "v", y que afecta al rendimiento de su modo de trabajo de una forma importante. La relación de compresión influye en la construcción de un motor, en Europa la tendencia es hacer motores reducidos que consuman poco combustible y que den una potencia aceptable, aumentando la relación de compresión conseguimos que la mezcla de aire-gasolina quede reducida al final de la compresión, con el límite de la naturaleza del combustible para evitar la **detonación**, el mayor número de veces posible y cuanto más se haya reducido mayor será la fuerza de la explosión dando el motor más potencia.

En América los motores consiguen más potencia aumentado la cilindrada sin que se lleguen a relaciones de compresión elevadas. En los motores de gasolina europeos la relación de compresión oscila entre 9 : 1 y 10,4 : 1. En los motores americanos baja de uno a dos puntos. En los motores Diesel, en los que no existe el problema de la Detonación por comprimirse el aire puro, como veremos en el capítulo correspondiente, la relación de compresión puede llegar de 16 : 1 a 23 : 1, con estas reducciones del volumen admitido de aire en el tiempo de Admisión, se consigue que la temperatura del mismo sea muy elevada después de la Compresión , lo que conviene para la inmediata combustión del gasoil.

La *presión efectiva* depende, en primer lugar, de la relación de compresión elegida para el motor, pero dentro del mismo motor su valor depende ya del mayor o menor llenado de los cilindros. Por ejemplo, para un motor con relación 9 (o sea, que el desplazamiento del émbolo, espacio ocupado por V, es ocho veces el volumen "v" de la cámara de explosión), suponiendo un llenado completo de gases la presión resultante es 11,4 kg/cm^2. Para las relaciones 8,8 y 8,5 las presiones efectivas a plenos gases son 9,1 y 10 kg/cm^2. Pero si el llenado de los cilindros no es más que el 60 por 100 (acelerador a poco más de medios gases), las presiones reales resultan ser 7,02 y 7,8 kg/cm^2, respectivamente y cuanto menos gas entre, menor presión resultará, como es lógico. Como los cilindros sólo pueden llenarse del todo cuando el acelerador se pisa a fondo, abriendo por completo la entrada de gases, el motor trabaja la mayor parte de las veces a menor presión de la máxima prevista. Conviene tener presentes estas consideraciones al estudiar el fenómeno de la detonación en el capítulo de "La Carburación".

3.3. Par motor

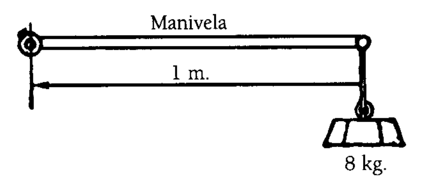


Figura 1.68.1

De la cilindrada depende la fuerza de cada explosión que, aplicada por la biela para hacer girar al cigüeñal, produce el *par motor* o esfuerzo de giro de rotación o torsión, que se mide en 1 kilopondímetros KPM., metros kilopondio o en metros DecaNewton: 1 Kilopondímetro es igual a 1 metro DecaNewton. En Inglaterra y en Estados Unidos se expresa en "pies libras", siendo 1 kpm. = 7,1 pies-libras ó 1 pie-libra (fp) = 0,138 kpm. Si, por ejemplo, el par motor vale 8 kpm., quiere esto decir que el esfuerzo de rotación del cigüeñal es como la fuerza de torsión o giro producida por una masa de 8 kilogramos suspendido del extremo de una manivela horizontal de un metro de longitud (Fig.1.68.1), o expresado en medidas más reales, si el codo del cigüeñal tuviese 10 cm. (Fig.1.68.2), la fuerza habría de ser de 80 kilopondios, aplicada tangencial y constantemente durante el continuo giro de aquél.

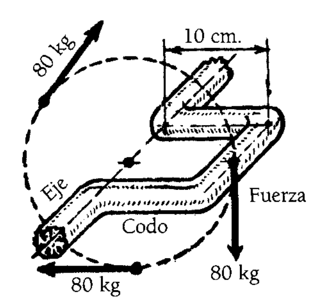


Figura 1.68.2

El par motor es el "esfuerzo de giro" que proporciona el mismo, depende de dos factores:

- Fuerza de la Explosión sobre el pistón.
- Longitud del codo del cigüeñal, sobre quién actúa la fuerza.
- La fuerza de la Explosión sobre el pistón fig 1.69.1 se comunica a la biela y hace girar al cigüeñal, es la que proporciona el "esfuerzo de giro", depende de muchos factores pero fundamentalmente de la cilindrada del motor y del volumen de gases que entren en el

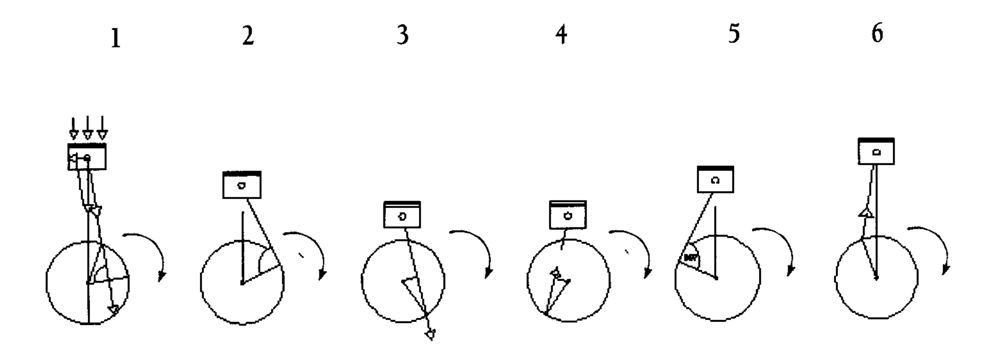


Figura 1.69.

cilindro, a velocidades lentas la cantidad de gases que entran en el cilindro producen una fuerza F, menor que cuando circulamos a más velocidad acelerando, habiendo un llenado más perfecto. Cuanto mayor es el llenado del cilindro la fuerza F de la Explosión será mas importante. El par motor por tanto aumenta.

La velocidad de giro del motor no es determinante para valorar el llenado del cilindro y por tanto el valor de la fuerza F de la Explosión. A grandes velocidades de rotación el pistón sube y baja muy deprisa, las válvulas se abren y cierran muy rápido y los gases, aún manteniendo el acelerador a fondo, no responden al grado de llenado completo siendo éste mayor a una determinada velocidad de giro, inferior a la planteada, por eso el "par motor" no es máximo a mayor velocidad (ver Fig 1.70), aumenta hasta llegar a una velocidad a partir de la cual disminuye un poco.

La longitud del codo del cigüeñal es el brazo de palanca con el que actúa la fuerza de la biela Fb, figura 1.69.2, comunicada por la explosión a la cabeza del pistón. El esfuerzo de giro o par motor producido en una vuelta del cigüeñal es variable dependiendo de la posición del sistema biela-manivela aún con una fuerza Fb constante.

Cuando explicamos el ciclo práctico en el motor de gasolina se dijo que el momento ideal para que el pistón reciba la fuerza de la explosión es cuando empieza a bajar una vez rebasado el PMS después de la compresión, el valor del par motor en ese momento es Fb x distancia d, que es el brazo de palanca perpendicular a la fuera de actuación Fb, figura 2.1. Cuando el pistón está en el PMS la distancia d es nula y el valor del par es 0, cuando el codo del cigüeñal forma 90° con la biela, la distancia d es la del codo del cigüeñal y el par es el mayor que se consigue en la rotación del cigüeñal, fig.1.69.2.

En los siguientes 90° de giro, figura 1.69.3 la distancia d de actuación de la fuerza de la biela Fb va disminuyendo y por tanto también el par hasta llegar a 0 cuando el pistón se encuentra en el PMI.

Durante la carrera ascendente la fuerza Fb de la biela actúa hacia arriba y el brazo de actuación d va tomando los mismos valores que en la bajada del pistón, figuras 1.69.4, 1.69.5 y 1.69.6.

Vemos por tanto que las posiciones del codo de cigüeñal se van a repetir en cada rotación del mismo y van a hacer que el valor del par sea variable en cada posición pero igual en cada rotación, en definitiva el valor del par va a depender de la fuerza Fb de la biela y ésta de la fuerza que le transmita el pistón en cada tiempo motor. Aumentará con la cilindrada del mismo, con la relación de compresión en cuanto a construcción y con la velocidad de giro y el llenado del cilindro en cuanto a funcionamiento.

La medición del par motor se efectúa colocando el mismo en un soporte apropiado, fuera del vehículo y haciéndole funcionar con la oposición de un freno de un banco de pruebas. Existen bancos de pruebas que van desde el antiguo freno Prony, freno hidráulico, a los modernos eléctricos, pero en todos se trata de oponer al giro del motor una fuerza que equilibre la rotación del mismo a diferentes revoluciones por minuto. En los manuales de reparación se expresa el valor del par en metros kg, Sistema DIN, probado el motor con todos sus accesorios o en metros decaNewton, sistema CEE, probado el motor en las condiciones anteriores pero cambiando la unidad. El decaNewton es 1,02 veces mayor que el metro Kg, son unidades muy aproximadas.

A continuación ofrecemos valores de par motor en vehículos actuales:

Motor Renault Megane-Scenic 1.6 16 válvulas.
Relación de Compresión10 : 1

Par máx. CEE (metro decaNewton a rpm) 14,8 a 3750.
Opel Astra G motor 1.7 DT.
Relación de compresión 18,4 : 1
Par máx. CEE 16 metro decaNewton de 1800 a 3000 rpm.
Opel motor X20DL
Relación de compresión 18,5 : 1
Par máx. CEE 18,5 metro decaNewton entre 1800 y 2500 rpm.
Mercedes Benz Sprinter motor 601- 602
Relación de compresión 19,5 : 1
Par máx. CEE 15,2 metro decaNewton de 2300 a 3000 rpm.
Ford Focus motor 1,8 Endura – Di
Relación de compresión 19,4 : 1
Par máx. CEE 20 metro decaNewton de 2000 a 2400 rpm.
Fiat Punto 99 D60 y JTD
- Relación de compresión 18 : 1
- Par máx. CEE 11,8 metro decaNewton a 2250 rpm.

3.4. Potencia

La potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo. Si el par motor es esfuerzo de giro, trabajo, la potencia relaciona el trabajo desarrollado por el motor con el tiempo en segundos.

El trabajo producido por el motor = F. R siendo:

F= Fuerza de la biela

R= Longitud del codo del cigüeñal, teniendo en cuenta en cada momento la posición explicada en las figuras 2.1 a 2.6.

El trabajo realizado en una vuelta del cigüeñal será = F. 2 π R.

Como a F. R le llamamos Par, el trabajo desarrollado en una vuelta sustituyendo en la fórmula anterior = Par. 2 π. Medido en Kpm (Kilopondímetros).

Si consideramos que el cigüeñal gira a 60 revoluciones por minuto, en un segundo dará una vuelta y la potencia por vuelta será P= Par. 2 π (Kpm) / 1 seg. Valor de la Potencia a 60 rpm en KPM/SEG.

Si consideramos cualquier velocidad y la llevamos a revoluciones por segundo, unidad de tiempo que se considera en la potencia, por ejemplo 2400 revoluciones por minuto, el cigüeñal girará a 40 revoluciones por segundo (2400/60= 40 rps.). La potencia será:

P= Par. 2 π. 40 (Kpm) / 1 seg. Valor de la Potencia a 2400 rpm en Kpm/seg.

Unidades de Potencia son el Caballo de Vapor CV y el Kw. El CV tiene 736 Watios. El Kilowatio tiene 1,36 CV.

1 CV= 75 Kpm/seg, por tanto P=(Par. 2 PI. n/60)/ 75 en CV. Donde n es el número de revoluciones por minuto. Simplificando

$P = \frac{Par.\ 2\pi n}{60.75}$; $\frac{2\pi}{60.75}$ vale $\frac{1}{716}$ luego $P = \frac{Par.\ N^{o} de\ rpm}{716}$ En CV

Considerando el motor 1,8 Endura del Ford Focus:

Par máximo 20 metros decaNewton a 2400 rpm.= 20.1,02= 20,4 metros Kilopondio o Kilopondímetros.

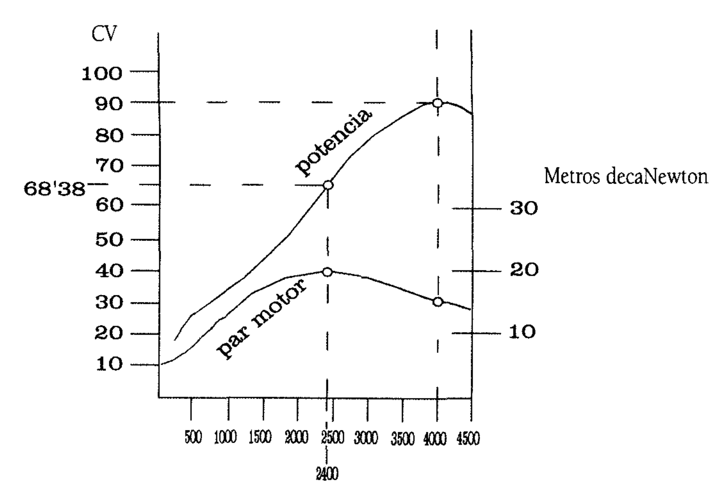
Potencia a 2400 rpm= 20,4. 2400/716= 68,38 CV

La Potencia máxima en éste motor es a 4000 rpm: P= 90 CV, en este caso el par A 4000 rpm, despejando de la fórmula de la Potencia; Par= P. 716/n y sustituyendo

Par= 90. 716/ 4000= 16,11 metros Kilopondio; 16,11/ 1,02= 15,79 metros decaNewton.

Vemos que el Par máximo no corresponde con la máxima potencia, el Par máximo es a 2400 rpm, debido a las causa explicadas en el desarrollo del par motor.

Las curvas de Par y de Potencia de éste motor se ven en la figura 1.70.



Ford Focus. Motor Endura 1,8 l. *Figura 1.70.*

La Potencia medida en un banco de ensayo es la **Potencia efectiva** del motor.

La Potencia medida con el Diagrama Indicador explicada en los ciclos teórico y práctico del motor es la **Potencia Indicada** del diagrama.

La potencia se ha dicho que varía con la velocidad de rotación, pero según el tipo de motor que haya concebido el fabricante, así tendrá más o menos influencia el giro. Cuando un motor conserva el valor de su potencia sensiblemente análogo durante una extensa gama de velocidades de rotación (por ejemplo, varía sólo entre 40 y 44 CV, a lo largo de velocidades entre 2.000 y 4.000 rpm) se dice que es un *motor plano o elástico*, porque se sostiene potente y hay que hacer poco uso del cambio de marchas. Lo opuesto ocurrirá si ese mismo motor, con las mismas dimensiones y cilindradas, variase la potencia entre 25 y 55 CV, para el mismo margen de revoluciones; la potencia máxima es mayor, pero se sostiene entre límites estrechos de su velocidad de rotación; en cuanto baja ésta se le cae la potencia (por debajo del otro más elástico) y hay que usar con frecuencia el cambio de mar-

chas. Este *motor* se llama *agudo* y es poco elástico, característica tanto más acusada cuanto más deportivo sea el modelo; se advierte en que su potencia específica es alta y necesita caja de cambios de cuatro velocidades por lo menos. Ese mismo motor, menos "exprimido" o forzado puede pasar con un cambio de sólo tres velocidades, por resultar más "plano" y uniforme en la potencia, aunque la máxima será bastante menor.

3.4.1. Sistemas para expresar la potencia

Hay tres sistemas para expresar la potencia de un motor de automóvil, medida siempre en el cigüeñal.

- El americano SAE, prescinde de todos los accesorios capaces de consumir esfuerzo, como son: bombas de agua y de gasolina, filtros de aire y de aceite, ventilador, dínamo o alternador, silenciador, etc. Además, para cada medida, que se hace de 200 en 200 revoluciones por minuto, se efectúan los ajustes de encendido y carburación de modo que pueda obtenerse la cifra máxima. Se llama *Potencia Bruta* (gross).
- El alemán DIN, prueba el motor con todos sus accesorios tal y como ha de funcionar en la realidad sobre el vehículo y, además, no se retocan los reglajes de serie durante la medición. Se llama *Potencia Neta.*
- El italiano CUNA, es una solución intermedia entre SAE y DIN, pues prescinde de los accesorios, pero mantiene los reglajes de serie.

En Europa se usaba el sistema DIN, pero como las cifras del SAE son las más favorables para la propaganda, este método se va imponiendo para evitar un contraste desfavorable al compararse con los motores americanos.

No hay equivalencia fija entre SAE y DIN, pero en líneas generales ésta última, es de un 6 a un 12 por 100 menor que la SAE.

3.4.2. Potencia fiscal

No tiene nada que ver con la potencia del motor expresada, se emplea para fijar el Impuesto de Circulación de los Automóviles de carácter municipal, según medidas del motor y teniendo en cuenta la fórmula:

P. Fiscal = $0{,}08\,(\pi/4.D^2.L)^{0{,}6}$=CV Fiscales. Donde:

D= Calibre del cilindro.

L= Carrera del pistón.

Cada Ayuntamiento fija un Cánon de impuesto según los caballos fiscales del vehículo.

4. Rendimiento

Es la relación que existe entre dos factores que se consideren, si comparamos la energía suministrada por la gasolina o el gasoil medida en Kilocalorías/kg de combustible = Q`, cantidad de calor aportado; con la cantidad de calor recibida en el pistón después de pérdidas por la refrigeración, gases de escape, paredes, etc, medida en la misma unidad y siendo posible su medición por medio del diagrama indicador estudiado en los ciclos teórico y práctico Q", obtenemos el rendimiento térmico del motor, en el que tiene mucha influencia la construcción del mismo, materiales cotas de reglaje, pero sobre todo la Relación de compresión del motor. Rendimiento térmico = Q'/Q".

Si comparamos el trabajo desarrollado en el ciclo teórico del motor con el trabajo desarrollado en el ciclo práctico, midiendo la superficie de los dos diagramas indicadores obtenidos, tal como se explicó en el estudio del motor, obtenemos el Rendimiento Indicado= Superficie diagrama práctico/ Superficie diagrama teórico.

Comparando la potencia Indicada del ciclo práctico con la obtenida en un banco de pruebas, potencia Efectiva, obtenemos el Rendimiento mecánico= Potencia efectiva/ Potencia indicada. Este rendimiento dará idea de la construcción del motor en cuanto a rozamientos de las piezas móviles, pérdidas que disminuyen la potencia efectiva.

El rendimiento es una cifra sin unidad menor que uno, se trata de una división en la que el dividendo es el dato menor. Cuanto mas se aproxime a uno menores serán las pérdidas en cada rendimiento que se obtenga.

Comparando el peso del aire que entra en el cilindro real, con el que podría entra si el vacío que crea el pistón al bajar en la admisión fuese perfecto, obtendríamos el Rendimiento volumétrico= Peso del gas aspirado/ peso del gas posible a la presión atmosférica. Este rendimiento puede aumentar cuando el motor no es Atmosférico y tiene Turbocompresor, incluso por encima de uno, el turbo hace que el gas que entra en el cilindro lo haga a presión por encima de la atmosférica.

4.1. Consumo específico

Es el consumo en gramos de combustible por caballo de potencia efectiva y hora de funcionamiento.

El consumo de un automóvil suele medirse en litros de combustible a los 100 km los fabricantes suelen dar éste dato, pero cuando se prueba un motor en banco de pruebas el consumo específico es el que se tiene en cuenta, gr/CV-HORA.

1 CV = 75 kpm/seg.

Densidad de la gasolina= 0,770 kg/dm^3

Poder calorífico de la gasolina 10.000 kcal/ kg.

Supongamos un motor que consume 10 litros de gasolina a los 100 kms en una hora.

M= V. Densidad ; M= 10 dm^3. 0,770 kg/dm^3= 7,70 kg de combustible.

Energía desarrollada= 10.000 kcal/kg . 7,70 kg= 77.000 kcal.

Equivalente mecánico del calor 1 kcal= 427 kpm. Luego:

77.000 kcal= 77.000 . 427= 32.879.000 kpm.

Potencia = T/ tiempo ; en una hora 32.879.000 kpm/ 3.600 seg= 9.133 kpm/seg

1 CV = 75 kpm/seg ; 9.133/ 75 = 121,77 CV que es la potencia que ha dado el motor

En una hora el motor ha consumido 7,70 kg de combustible= 7.700 gramos y ha producido una potencia de 121,77 CV .

El consumo específico será 7.700 gr/121,77 CV-hora= **63,24 gramos / CV-hora**

Hemos supuesto que **toda** la energía del combustible se ha transformado en trabajo.

En la práctica no es, así hay unas pérdidas de calor unidas a las pérdidas por rozamiento y movimiento de masas que se traducen en rendimiento del motor, si hubiera sido del 0, 5 por ejemplo, el consumo se nos habría ido al doble de combustible gastado.

El rendimiento va a depender de la tecnología empleada en la construcción del motor, ligereza de piezas, y en el grado de aprovechamiento de la energía del combustible en cuanto a diseño, cotas de reglaje y ajustes.

4.2. Datos estadísticos

- En el momento de saltar la chispa, en la cámara de explosión, se alcanzan temperaturas instantáneas de 1.800 grados.
- La presión sobre el émbolo pasa de 25 atmósferas; es decir, que en un pistón de 72 mm. de diámetro, que no es de los mayores, se ejerce un esfuerzo de más de una tonelada, que la biela transmite al cigüeñal en menos de una centésima de segundo.
- En un motor de ocho cilindros, el cigüeñal recibirá 12.000 golpes, de una tonelada cada uno, por minuto.
- Otros datos:

Automóviles a 80 Km/h. con motores a 3.000 r.p.m.	4 cilindros 1.000 cc.	6 cilindros 2.000 cc.	8 cilindros 4.000 cc.
Carreras de pistón por minuto	24.000	36.000	48.000
Recorrido de los pistones en un minuto (a base de una carrera de 100 mm.)	2.400	3.600	4.800
Tiempo que tarda un pistón en hacer un recorrido (carrera)	1/100 seg.	1 / 100 seg.	1 / 100 seg.
Chispas en todas las bujías por minuto	6.000	9.000	12.000
Longitud total de las chispas en un minuto	3 metros	4,5 metros	6 metros
Movimientos de válvulas en un minuto	12.000	18.000	24.000
Superficies lubricadas dentro del motor en un minuto	1.300 m²	1.850 m²	2.500 m²
Volumen de aire carburado (mezcla aire-gasolina) introducido en los cilindros por minuto (respiración)	1.500 litros	3.000 litros	6.000 litros
Que equivale a la de	180 personas	360 personas	720 personas

5. EL MOTOR DE DOS TIEMPOS

5.1. Generalidades

El motor de dos tiempos está basado también, en el ciclo de explosión de Otto; sin embargo, la obtención de los tiempos y la forma de producirse es diferente.

En los motores de cuatro tiempos había, en cada cilindro, cuatro carreras del pistón dedicadas a las cuatro distintas operaciones que componen el ciclo: admisión, compresión, explosión y escape, obteniéndose una carrera motriz a costa de tres auxiliares en dos vueltas completas del cigüeñal.

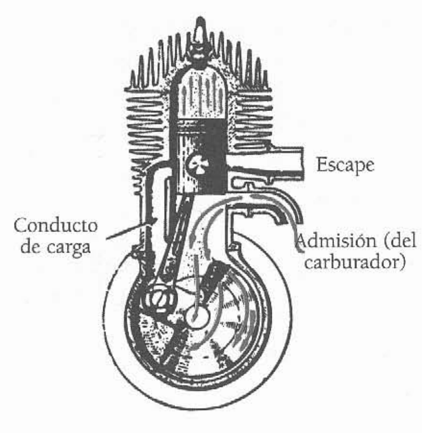
En los motores de dos tiempos, las cuatro fases del ciclo en realidad se conservan, pero se realizan con sólo dos carreras del pistón; es decir, que se consigue una explosión o carrera motriz por cada vuelta del cigüeñal.

Durante muchos años se ha trabajado intensamente en el perfeccionamiento de los motores de dos tiempos. Resueltas las principales dificultades para motores de pequeña potencia, se aplicaron en gran escala a las motocicletas, hasta el punto de que la mayoría de las europeas llevan motores de esta clase. Los perfeccionamientos alcanzados han resuelto muchas de las dificultades que se presentaban para su empleo en automóviles, usándose últimamente, por varias marcas, en vehículos ligeros de pequeña potencia[8].

5.2. Constitución y funcionamiento

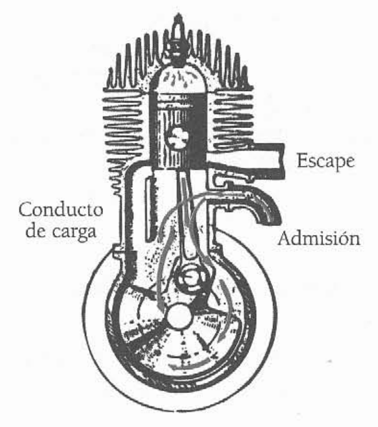
El motor de dos tiempos carece del mecanismo de distribución, de modo que no tiene árbol de levas, engranaje, taqués, válvulas, etc. (Fig,s.1.71 a 1.74). Por ello, no es tan necesaria la culata desmontable y puede fundirse, en una pieza, con el cuerpo del cilindro, sobre todo en motocicletas.

El cárter, en general, no se emplea como depósito de aceite; es de reducidas dimensiones, cuidadosamente calculadas, y está herméticamente cerrado porque se usa para la admisión y compresión preliminar de la mezcla.



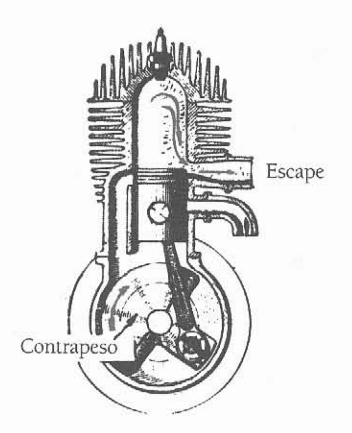
Al subir el pistón comprime la mezcla en el cilindro y por debajo aspira el cárter los gases del carburador.

Figura 1.71.



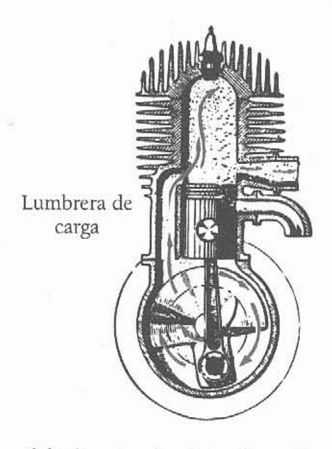
Salta la chispa, baja el pistón trabajando. Siguen entrando gases por inercia (equivale a un «R.C.A.»).

Figura 1.72.



Casi al final el pistón descubre el escape. Los gases frescos se precomprimen en el cárter.

Figura 1.73.



Al final se descubre la lumbrera de carga: por ella irrumpen los gases frescos en el cilindro y empujan a los quemados.

Figura 1.74.

El cilindro tiene dos *ventanas o lumbreras* en su parte baja que son descubiertas por el pistón en las proximidades del PMI, estando situada (Fig.1.71) la de escape frente a la de carga de gases.

Más abajo que la de escape, está una tercera lumbrera, de admisión, por la que la mezcla del carburador llega al motor y entra en el cárter. Desde éste hasta la lumbrera de carga hay un conducto de carga (hecho en la misma fundición) por el que la mezcla carburada pasa en el momento debido al cilindro.

Así, pues, los gases frescos no entran al cilindro sino al cárter, que actúa como una bomba que los aspira del carburador y los transfiere al cilindro. Una vez en éste, y cuando van entrando, deben ayudar a salir a los quemados en la explosión anterior, operación que se llama *barrido* y cuya buena ejecución es fundamental en estos motores. Esta operación se realiza durante lo que puede llamarse *solapo*.

- Durante la primera media vuelta del cigüeñal (Fig,s.1.71 y 1.72), en la cara superior del émbolo se han realizado la compresión y la explosión, mientras que por la parte inferior, entraban los gases frescos, en el cárter, procedentes del carburador.
- En la segunda media vuelta (Fig,s.1.65 y 1.66), se ha terminado la carrera motriz, y se ha realizado el escape y la admisión o carga (trasvase de los gases frescos del cárter al cilindro).

Hay un ciclo completo con una explosión por cada vuelta del cigüeñal.

Obsérvese que al bajar el pistón en el tiempo de explosión, cuando su cabeza descubre la lumbrera de escape (Fig.1.73), la presión que aún conservan los gases en expansión (de 5 a 6 atmósferas o K./cm^2) se descarga o desfoga bruscamente por dicha lumbrera; un instante más tarde, al seguir bajando el émbolo, descubre la lumbrera de carga. Este intervalo se llama *desfogue*. Al subir el pistón (Fig.1.71) lo primero que cierra es el tránsfer, porque con las lumbreras fijas, los movimientos son simétricos; así que, durante otro intervalo igual al de desfogue está cerrada la carga, pero abierto todavía el escape (intervalo de "franqueo"), con riesgo de que los gases frescos se vayan por el paso franco del escape.

Para ayudar a los gases frescos a seguir la trayectoria que marcan las flechas en la figura 1.74, se ha empleado, tradicionalmente, el *pistón con deflector* (Fig.1.75); este *saliente, guía los gases de admisión hacia la* parte alta del cilindro, de modo que empujan los quemados hacia el escape. Tal dispositivo es ya poco usado; en los últimos años se viene empleando cada vez más el *pistón corriente de cabeza plana. Con objeto* de que los gases de entrada empujen y barran a los de escape, sin perder nada de los frescos y echando fuera todos los quemados, se orientan los conductos de carga de tal forma que el chorro de gases de admisión siga el recorrido de las flechas de la figura 1.75 sin necesidad del deflector.

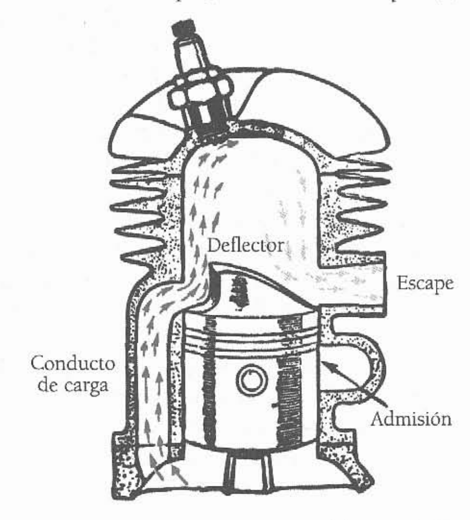


Figura 1.75.

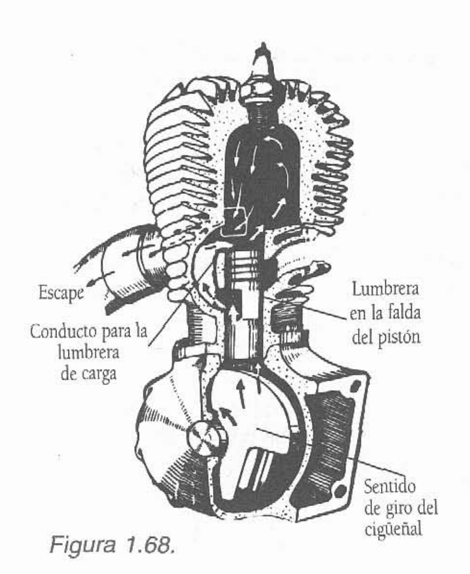


Figura 1.68.

Un sistema típico de *pistón plano* es el Schnürle, usado por DKW y adoptado por la mayoría de los fabricantes; en él, las lumbreras y conductos tienen la adecuada inclinación para que los gases salgan en la dirección más conveniente. En vez de comunicar el cárter con el cilindro por una tubería directa, la empleada es más corta, estableciéndose la comunicación por el interior del émbolo que lleva en su falda una lumbrera, la cuál comunica por el conducto de carga el cárter con el cilindro (Fig.1.76).

Como hay dos "tránsfers" simétricos, uno a cada lado del escape, se realiza adecuadamente en el cilindro el torbellino de gases en forma de ovoide que indican las flechas y que barren a los quemados, permitiendo un llenado de los frescos con el mejor rendimiento. Se supone que el cigüeñal gira en el sentido marcado por la flecha.

5.2.1. El engrase

El engrase es totalmente distinto, pues en vez de llevar el aceite en el cárter y mandarlo a presión por tuberías a todos los cojinetes y paredes del cilindro, como se explicará más adelante, aquí el cárter está seco; el aceite se mezcla con la gasolina y es introducido, por tanto, en el cárter durante la aspiración.

Como los gases entran con velocidad, y son frenados de golpe al llenarse el reducido espacio del cárter, las partículas de aceite, más pesadas, son precipitadas a las paredes y fondo, a la vez que el calor de la precompresión (ésta es de 1,3 a 1,4 atmósferas) tiende a vaporizar la gasolina, más volátil que el aceite; éste se deposita en las superficies interiores, desde donde va a lubricar los cojinetes y órganos en movimiento. Al cilindro, pasa en la mezcla la parte necesaria para el engrase de su pared superior.

La operación de mezclar el aceite con la gasolina, no debe hacerse echando aquél después de ésta en el depósito de combustible, porque se mezclarían mal. Si hay que echar, por ejemplo, 20 litros de gasolina y la proporción de aceite correspondiente es de un litro, debe llevarse un recipiente donde poner los primeros cinco litros de gasolina y a estos añadir el litro de aceite, que se debe agitar bien para obtener una mezcla homogénea; una vez cargados los quince litros restantes de gasolina en el depósito se añade la solución concentrada, diluyéndose ésta en el total, con más facilidad que el aceite puro.

Como parte del aceite no se separa de la gasolina y se quema con ésta, hay gran formación de carbonilla y humos en el escape de los motores de dos tiempos, siendo aconsejable, en este caso, el uso de aceites adecuados. Las marcas acreditadas ya los producen, y son una variedad de la categoría HD, antioxidantes y detergentes, con graduaciones entre SAE-30 y 50. Generalmente, se denominan "automatizadores", por llevar añadido un disolvente que facilita su rápida disolución en la gasolina, y se añaden en mayor proporción que el aceite puro (2,5 por 100 en vez del 2, ó 6 por 100 en vez del 5, etc.).

La proporción corriente de aceite era del 5 al 6 por 100; pero en motores modernos se ha podido rebajar al 4, y en ciertos casos al 2 por 100(9).

Salvo cuando esté expresamente recomendado por los fabricantes, es buena práctica:

- Usar gasolina con el mínimo posible de tetraetilo de plomo para evitar la formación de carbonilla, con dosis apreciables de plomo metálico y óxidos de plomo, que se fijan a las bujías dando lugar a la *perla* (una costra en sus puntas que las hace fallar).
- Emplear aceite no detergente, o sea mineral puro de buena marca, mezclado como máximo al 5 por 100.
- Conducir de vez en cuando a plenos gases para que entre bastante lubricante, engrase mejor y lave la carbonilla, cuando se usa aceite detergente, especial para "dos tiempos" (cuyos aditivos no dan residuo metálico sobre las bujías).

5.3. Características

El encontrar un adecuado equilibrio entre el escape y la admisión y, sobre todo, un buen barrido de los gases quemados, son causas de numerosas experiencias y tanteos antes de lanzar un modelo de motor al mercado; aspectos que retrasaron el desarrollo del motor de dos tiempos. Cada motor que se fabrica está diseñado y construido de la forma más conveniente, con vistas a obtener el máximo rendimiento; esto es tan riguroso, que si por ejemplo, a un motor de dos tiempos se le suprime su silencioso, se le quita resistencia a la salida de los gases quemados, con lo que aumentan su velocidad y arrastran a los frescos que vienen detrás, perdiéndose más parte de ellos por el escape. Como la cantidad que puede entrar en el cilindro es la misma, la potencia resultante será menor al ser más pequeño el volumen de gases frescos que hay ahora dentro del cilindro.

Una característica curiosa del motor de dos tiempos es que es *reversible*; es decir, que lo mismo funciona girando a izquierdas que a derechas: En efecto, el ciclo de operaciones en el cilindro viene mandado por el vaivén del pistón y éste es el mismo cualquiera que sea el sentido de giro del cigüeñal. En los motores de cuatro tiempos, el orden está determinado por el árbol de levas, que si gira en sentido contrario, gira las válvulas a destiempo del pistón y no es posible realizar el ciclo.

Si las lumbreras fuesen muy anchas y frente a una de ellas coincidiese la ranura de cierre de un segmento, como la elasticidad de éste tiende a abrirlo, podrían las ramas sobresalir demasiado del pistón y, al seguir éste su movimiento, tropezar en el borde de la lumbrera, con la rotura subsiguiente del segmento y las graves averías que los trozos sueltos originarían. En previsión de tal accidente, las lumbreras son relativamente estrechas (una décima parte de la periferia del pistón), o se colocan los segmentos con topes que les impiden girar sobre su garganta, de modo que las ranuras terminales no pueden ponerse nunca frente a las lumbreras.

En los motores modernos es frecuente el uso de cojinetes de bolas, rodillos o agujas en la cabeza de la biela. En cambio, los del cigüeñal, si la precompresión se hace en el cárter, eran lisos para que no hubiese fugas por ellos; pero en la actualidad ya son de rodillos o de bolas con taponamientos laterales que los hacen estancos.

Marcha en "cuatro tiempos". Es casi inevitable que parte de los gases frescos de carga se mezclen con los de escape, sobre todo cuando la admisión es reducida, por ejemplo, al girar en ralentí. Al diluirse la pequeña cantidad entrante con los ya quemados, la compresión subsiguiente se hace sobre una mezcla empobrecida, tanto en combustible como en oxígeno (aire escaso e impuro), y la chispa no llega a inflamarla, fallando una explosión. A la media vuelta siguiente entra más mezcla del carburador que, como no ha habido explosión anterior, enriquece el contenido del cilindro y, por tanto, al ser comprimido de nuevo ya puede ser inflamado por la chispa siguiente. Este proceso se repite, y al producirse una explosión cada dos chispas, se espacian como en un cuatro tiempos (una por cada dos

vueltas), y de ahí el llamarse así al fenómeno tan frecuente en los motores de dos tiempos, que es ayudado por un silenciador sucio, a causa de la contrapresión que produce.

El problema principal de estos motores, es el barrido de gases, ya que arrastran con el escape parte de gases frescos, debido básicamente a que no hay válvulas, distribución, ni reglaje, siendo el émbolo el que realiza estas funciones. Por ello, el rendimiento térmico es menor que en el de cuatro tiempos, aproximadamente el 75 %.

5.4. Modelos de motores

En la figura 1.77 se muestra, en dos detalles cortados, el motor de dos cilindros y la transmisión DKW usados en las furgonetas de esta marca producidas en España. Por ser de tracción delantera, están agrupados el motor, embrague, cambio, diferencial y palieres a las ruedas motrices.

En la figura 1.78 y su leyenda, se detalla el motor DKW de tres cilindros en línea, que en Alemania ha sustituido al de dos en automóviles pequeños. El cigüeñal gira sobre cuatro apoyos de rodillos, y las cabezas de biela llevan rodamientos de agujas (rodillos muy delgados).

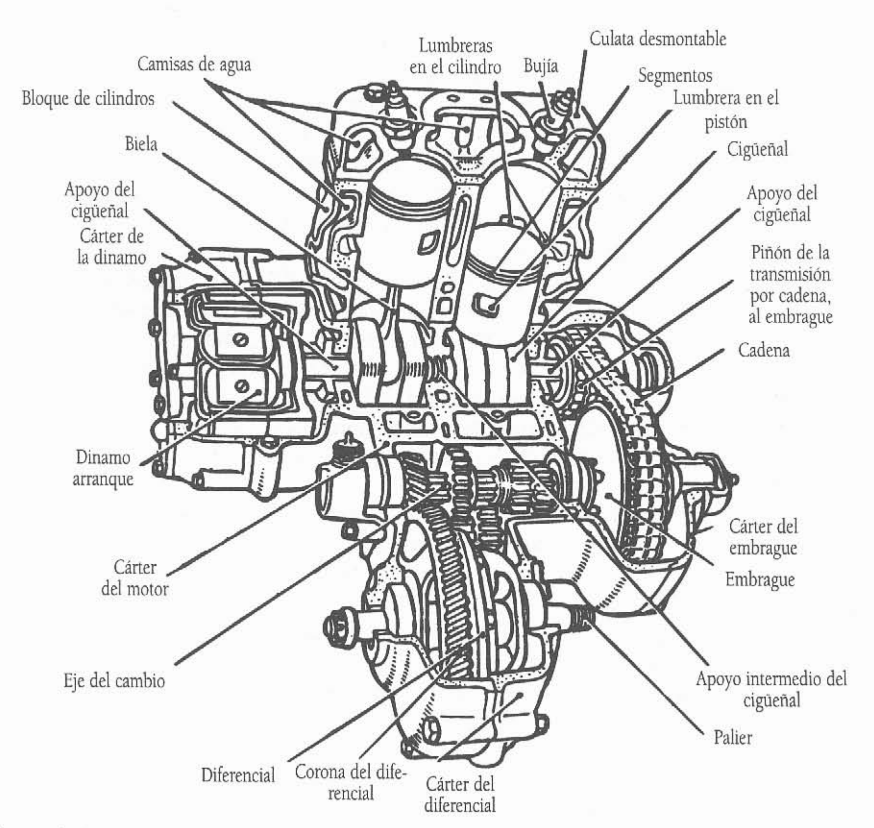
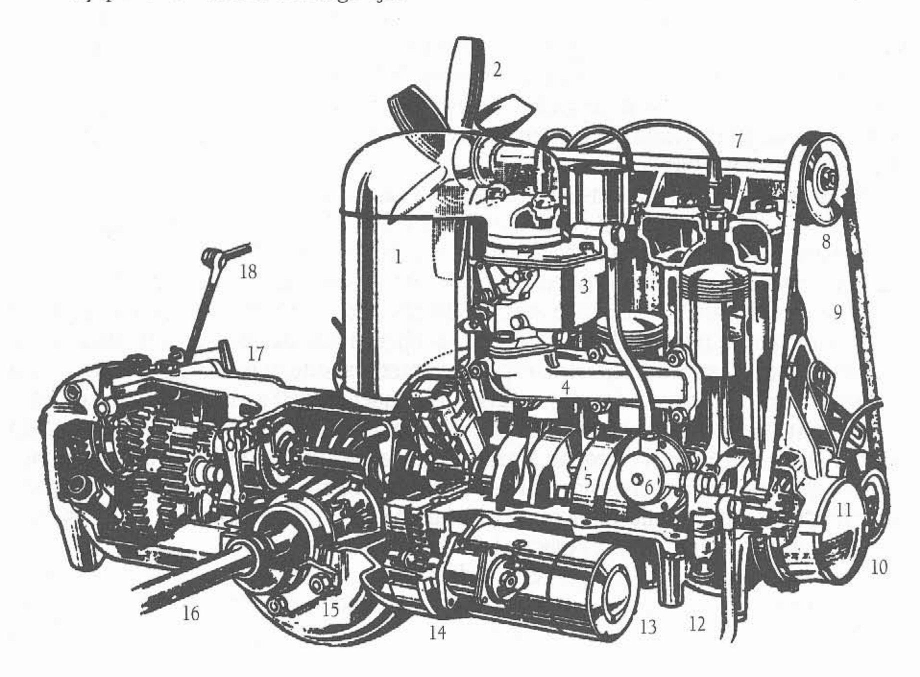


Figura 1.77.

El motor se coloca avanzado sobre el eje delantero del vehículo, como indica la posición del palier, que hace girar a la rueda delantera derecha. El radiador está detrás del motor, y por ello necesita un largo eje.



1. Depurador del aire para el carburador 3.
2. Ventilador por un eje encerrado en 7 desde la polea 8.
4. Colector que reparte la mezcla fresca del carburador a los cárteres de los cilindros.
5. Cigüeñal.
6. Bomba de gasolina que la aspira del depósito por el tubo 12 para elevarla al carburador 3.
9. Correa mandada por la polea del extremo delantero del cigüeñal 5, para mover el ventilador 2 y la dinamo 10.
11. Tapa del encendido, en el extremo delantero del cigüeñal.
13. Arrancador eléctrico. Se ve el engrane de su piñón con la corona dentada del volante encerrado –con embrague dentro– en el cárter 14.
15. Cárter del diferencial.
16. Palier que lleva el giro desde el diferencial en 15 a la rueda delantera derecha.
17. Caja de cambio de velocidades. El giro llega del cigüeñal 5 a través del embrague, y sale del cambio a la corona –visible al fondo– y diferencial encerrados en el cárter 15.
18. Varillas para el mando del cambio, desde el tablero del vehículo.

Figura 1.78.

6. DIFERENCIAS ENTRE EL MOTOR DE 2 Y 4 TIEMPOS

En principio se puede pensar que un motor de dos tiempos, de la misma cilindrada que otro de cuatro, debe dar doble potencia porque hace doble número de carreras motrices; pero en la realidad no es así.

La sucesión de las operaciones –admisión, compresión, explosión y escape– en el motor de cuatro tiempos está perfectamente ordenada cada una, en tiempo y espacio, con independencia de las otras, y las cotas de reglaje apenas influyen entre ellas graduándose

independientemente, mediante el perfil de las levas, para conseguir el máximo rendimiento del combustible gastado. En cambio, el motor de dos tiempos ejecuta con dependencia mutua las mismas operaciones; siendo el pistón quien gobierna las aperturas y cierres de la carga y escape en el cilindro; ambas cosas se empezarán y terminarán con simetría respecto a los puntos muertos. Por ejemplo, si la carga empieza 80° antes del PMI, tiene que cesar precisamente 80° después del PMI, ocurriendo lo mismo con el escape.

Se comprende que esta imposibilidad de regular con independencia aperturas y cierres ha de redundar en perjuicio del rendimiento, comparado con la libertad que se tiene en el motor de cuatro tiempos.

En estos últimos, las válvulas de admisión y escape están abiertas a la vez (a causa del A.A.A. y del R.C.E.) durante un cierto giro del cigüeñal. Al proyectar el motor y ensayarlo se han elegido, libremente, las cotas de modo que den el mejor rendimiento con el menor consumo; por ello es difícil que pueda perderse por el escape cantidad alguna de los gases frescos que entran antes de cerrarse aquella válvula. Pero en el motor de dos tiempos, en primer lugar por la precipitada ejecución de las operaciones del ciclo en sólo una vuelta, luego por la servidumbre de simetría explicada anteriormente, y por fin, por la necesidad de que sean los gases frescos los que expulsen a los quemados (ya que no puede hacerlo el pistón como en el motor de cuatro tiempos), resulta que el tiempo de apertura simultánea (traslapo) es, en la práctica y proporcionalmente, bastante mayor. Es imposible evitar pérdidas de gases frescos por el escape, pues si no las hay a unas ciertas velocidades de giro y carga del motor (apertura del carburador), las habrá cuando las condiciones sean distintas, o no se expulsarán bien los gases quemados.

En cuanto al consumo, a poca velocidad es menor en el motor de dos tiempos (con aproximadamente un 10 por 100 de máxima economía con respecto al de cuatro tiempos), pero a medida que aumentan las rpm, toma cierta ventaja el de cuatro tiempos hasta llegar a un máximo de economía del 30 por 100.

La potencia máxima conseguible por litro de cilindrada (potencia específica) es, en los buenos motores modernos, casi la misma que en los motores de cuatro tiempos.

Por el contrario, en los de dos tiempos, que no tienen reparo alguno en las pequeñas cilindradas, existe un límite máximo para el tamaño de los cilindros, porque a medida que éstos son mayores, su "respiración" exige lumbreras más grandes, y esto presenta inconvenientes, pues si son anchas ya se comentó que los segmentos peligran de sobresalir y tropezar en ellas, rompiéndose; si se hacen altas, la carrera útil del émbolo (la de compresión) resultará reducida en exceso.

Aunque la proporción de aceite en la gasolina se va reduciendo cada vez más, siempre se quema algo, dando lugar a la formación de carbonilla, más abundante que en el motor de cuatro tiempos, así como humos y olor en el escape.

Cuando un automóvil va circulando a velocidad normal o elevada, al soltar el pedal del acelerador se cierra prácticamente la admisión de gases y sólo pasan el aire y gasolina por los conductos previstos para el ralentí. Si normalmente esa mezcla ya es algo rica, más lo será girando el motor mucho más deprisa, por lo que se quemará mal; además, como el volumen que puede pasar es mucho menor del necesario para llenar el cilindro, apenas habrá compresión; así que por ambas razones la mala explosión no tendrá fuerza.

En un motor de cuatro tiempos la admisión con la mariposa cerrada produce un vacío que tira del pistón mientras baja (resistencia), pero que le ayuda a subir en la carrera siguiente, y por tanto, se compensan. La carrera de explosión acaba de demostrarse que no cuenta, y es tan poca la masa gaseosa que al final hay un ligero vacío. Pero este vacío no tira del émbolo en

la carrera siguiente, porque al abrirse la válvula de escape con avance (AAE) ayuda a llenar el cilindro aspirando ligeramente de la tubería de escape para inmediatamente, al subir el émbolo, cambiar el sentido de la columna gaseosa para vaciar el cilindro. Todo esto representa gasto de energía a costa del impulso del vehículo, aproximadamente el 15 por 100 del *freno motor*.

En un motor de dos tiempos el vacío que se hace en el cárter al subir el pistón se compensa al bajar seguidamente. Por encima del émbolo ocurre lo mismo que en el de cuatro tiempos, con la diferencia de que la compresión y la explosión son peores, y como el escape está abierto mucho menos tiempo y no es ayudado por la carrera del émbolo como en el ciclo de cuatro tiempos, sino que se efectúa por diferencias de presiones, ahora inexistentes al cerrar la entrada de gases, la acción de frenado antes citada no existe prácticamente.

Este es un factor en contra del motor de dos tiempos. El otro, también adverso desde este punto de vista del frenado, es el de las resistencias pasivas debidas a la energía que consumen los órganos móviles del motor. En el motor de dos tiempos son el cigüeñal, bielas y pistones, algunos con rodamientos de bolas o rodillos. En el de cuatro tiempos, además de ser todos los cojinetes lisos, cuenta el movimiento de todos los órganos de la distribución: engranajes, cadena, árbol de levas y válvulas. Este es el factor preponderante, así que entre una y otra causa, el efecto de freno motor es sensiblemente inferior en el motor en dos tiempos que en el de cuatro de la misma cilindrada o potencia. Por ello, los frenos del vehículo deben ser más resistentes al calor que se genera con el uso y estar muy bien cuidados.

Todos los presuntos inconvenientes en los motores de dos tiempos se ven compensados por la sencillez mecánica: desaparecen el engranaje de distribución, árbol de levas, taqués, válvulas y resortes, suprimiéndose una complicación mecánica que es origen de averías, desreglajes y desgastes; se abarata la construcción, y queda un motor constituido por sólo tres robustas piezas en movimiento: pistón, biela y cigüeñal.

7. EL MOTOR WANKEL

7.1. Generalidades

Siempre fue aspiración de los técnicos conseguir un motor que no tuviera piezas en movimiento alternativo (pistones, bielas, válvulas). Las turbinas hidráulicas y de vapor fueron la solución cuando la energía utilizada era el agua en movimiento o su vapor a presión. Las de gas, que se describen en el apartado "Apéndices", en las que se usa directamente la fuerza expansiva del combustible líquido ardiendo, han resuelto el problema para los aviones, pero no, prácticamente, todavía para los automóviles.

Todos los inventos de motores rotativos fracasaron al realizarlos, hasta que en 1959 la fábrica alemana N.S.U. (productora de motocicletas y de pequeños automóviles) anunció que el ideado por el doctor ingeniero Wankel había llegado a un estado experimental que prometía una aplicación práctica inmediata. Para resolver los últimos problemas mecánicos, han trabajado desde entonces los laboratorios y talleres de la N.S.U., dirigidos por el doctor ingeniero Froede, y los de importantes empresas que adquirieron licencias de aplicación: Curtiss-Wright, en Estados Unidos para motores de aviación; en Alemania, Mercedes-Benz para automóviles y motores Diesel, Fitchel-Sachs para motores de motocicletas, así como el grupo formado por Krupp, M.A.N. y Glockner-Humboldt-Deutz; y en Japón Toyo-Kogyo, fabricantes de Mazda. Además otras empresas importantes como Perkins, Rolls-Royce, Fiat, Renault, Citröen y Volkswagen, se interesaron en una u otra forma.

La publicidad ha sido muy superior a la realidad disponible, pues aunque las dificultades a vencer no eran muchas, en cambio son importantes; sobre todo, el problema de estanqueidad que se expondrá más adelante. Sin embargo, la idea de Wankel, antes aplicada a compresores, es seductora por su sencillez; los motores pesan y ocupan la tercera parte que sus equivalentes de pistones, el número de piezas es mucho menor y carecen de órganos con movimiento alternativo rectilíneo, si bien no todas giran circularmente como en las turbinas.

7.2. Constitución

El mecanismo consiste (Fig.1.87, detalle 1, corte de frente) en un cuerpo fijo o estátor cuyo interior hueco (equivalente a los cilindros) tiene la forma de un ocho tumbado, de talle muy ancho, con aspecto casi elíptico.

El hueco está limitado en ambos costados por dos superficies planas, como se ve en el corte de perfil 2. Dentro de esta "caja" están todas las partes móviles del motor Wankel (Fig.1.79), mejor vistas y despiezadas en la figura 1.85: el rotor triangular lleva atornillado en su cara izquierda un engranaje que rueda sobre el piñón fijo e interior, el cual tiene siempre vez y media el número de dientes que dicho piñón; según el tamaño del motor, las relaciones son 45/30, 33/20, 30/20, etc. La excéntrica o codo del eje motor se aloja en el hueco interior del rotor, quedando al lado del engranaje. Frente al piñón fijo queda el eje motor. Entre la excéntrica y el hueco interior del rotor están los rodamientos de rodillos.

En la figura 1.80 se ve el motor completo: sobre el eje está la excéntrica en la que va montado, con rodamiento, el rotor cuyo interior dentado engrana con el piñón fijo unido rígidamente al estátor.

Los cuatro tiempos del ciclo en los tres lóbulos del Wankel.

Figura 1.79.

Cuando el eje motor (que es el punto negro central en la figura 1.79-1) gira, la excéntrica que forma parte de él lleva consigo al rotor que está engranado al piñón fijo.

El movimiento resultante se expone en los cuatro dibujos de la figura 1.79 de la siguiente manera:

- De I a II, el eje y la excéntrica han girado un cuarto de vuelta, arrastrando al rotor que, por estar engranado al piñón fijo, rueda sobre éste girando la cantidad que señalan los dibujos. Al mismo tiempo va volteando, puesto que está como montado en un codo del cigüeñal (la excéntrica).
- De II a III, la excéntrica gira otro cuarto de vuelta, y lo mismo de III a IV y de IV a I, en que el eje ha dado una *revolución completa*; mientras que, si se observan las posiciones que en II, III y IV va ocupando la arista o vértice A del rotor, ésta habrá pasado a ocupar la posición señalada con B en el dibujo I, o sea que el rotor ha girado un tercio de vuelta. Ello es debido a la relación 3 a 2 en el número de dientes del engranaje citado.

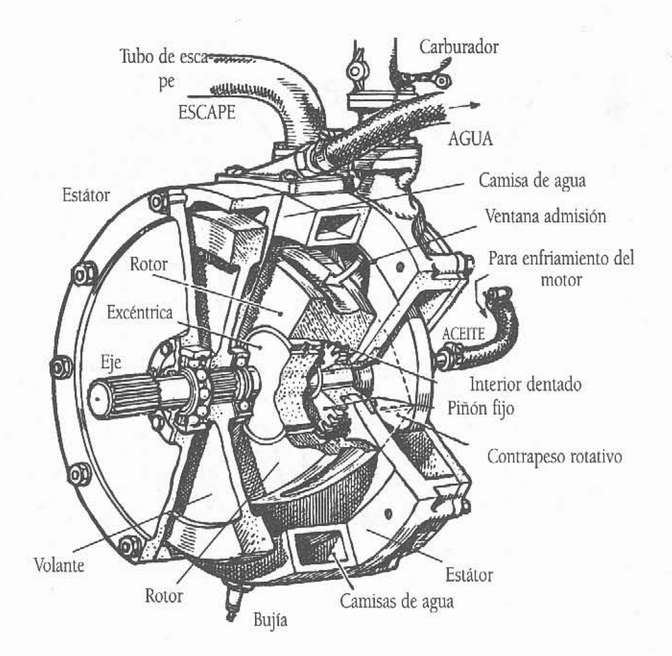


Figura 1.80.

En esta figura el rotor tiene 30 y el piñón fijo tiene 20. En la figura 1.84 la relación es 45/30 y en la 1.85 es de 33/22.

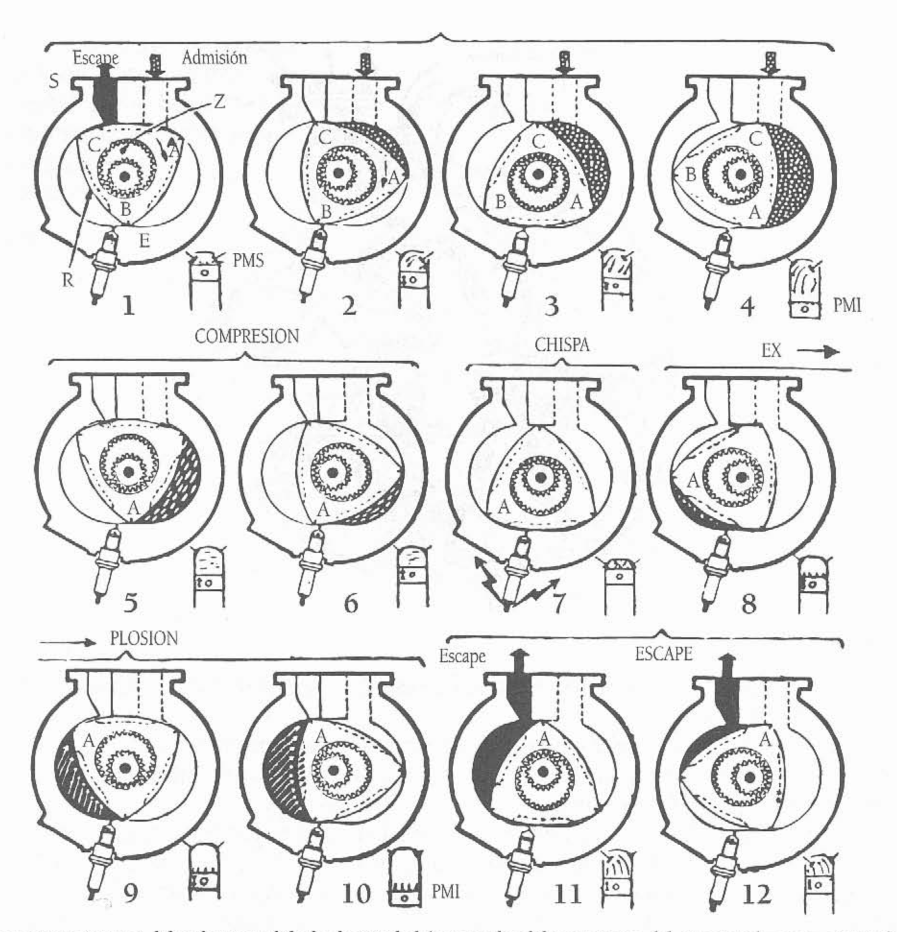
Como ya se ha dicho, el rotor además de girar, adquiere un movimiento de traslación alrededor del punto negro (eje motor) por estar montado como una cabeza de biela sobre un codo del cigüeñal (la excéntrica).

Las tres aristas A, B y C describen una curva (su nombre geométrico, es el de "hipocloide alargada" o "hipotrocoide") que es, precisamente, la forma dada al interior del estátor, de modo que se mantiene siempre en contacto con esa pared en forma de ocho tumbado, y para hacerlo más efectivo hay en A, B y C unos segmentos (Fig.1.85). La consecuencia es (Fig.1.79) que los tres espacios o *lóbulos* que se forman entre las tres caras del rotor y el estátor, aumentan y disminuyen dos veces por vuelta, por lo que se aprovechan para realizar un ciclo de cuatro tiempos.

Al estátor se le dota de un orificio de admisión de gases, otro para el escape, y una bujía.

En la figura 1.81 puede seguirse con detalle lo que ocurre en el lóbulo correspondiente a la cara CA del rotor durante una revolución de éste. En 1, se ve cómo acaba el escape y comienza la admisión. En 2 (sígase el giro por el movimiento del vértice A), el lóbulo ha aumentado de tamaño, como en 3 y hasta llegar a 4. A la derecha de cada dibujo está el instante correspondiente en un cilindro con pistón y válvulas: se ha realizado la admisión. El vértice C viene tapando la entrada de la admisión y comienza la compresión (dibujos 5 y 6). En 7, llega al máximo y salta la chispa en la bujía, siguiendo la expansión de los gases ardiendo, a la vez que aumenta el tamaño del lóbulo en 8, 9 y 10 en que el vértice A descubre la salida al escape, que continúa al achicarse de nuevo el lóbulo en 11 y 12, hasta terminar en 1.

En todo este ciclo completo de cuatro tiempos, obsérvese que el vértice A, o sea el rotor, sólo ha girado una vuelta, mientras que la excéntrica con su eje da tres.



Los cuatro tiempos del ciclo en un lóbulo de Wankel (una vuelta del motor; tres del eje central y su excéntrica).

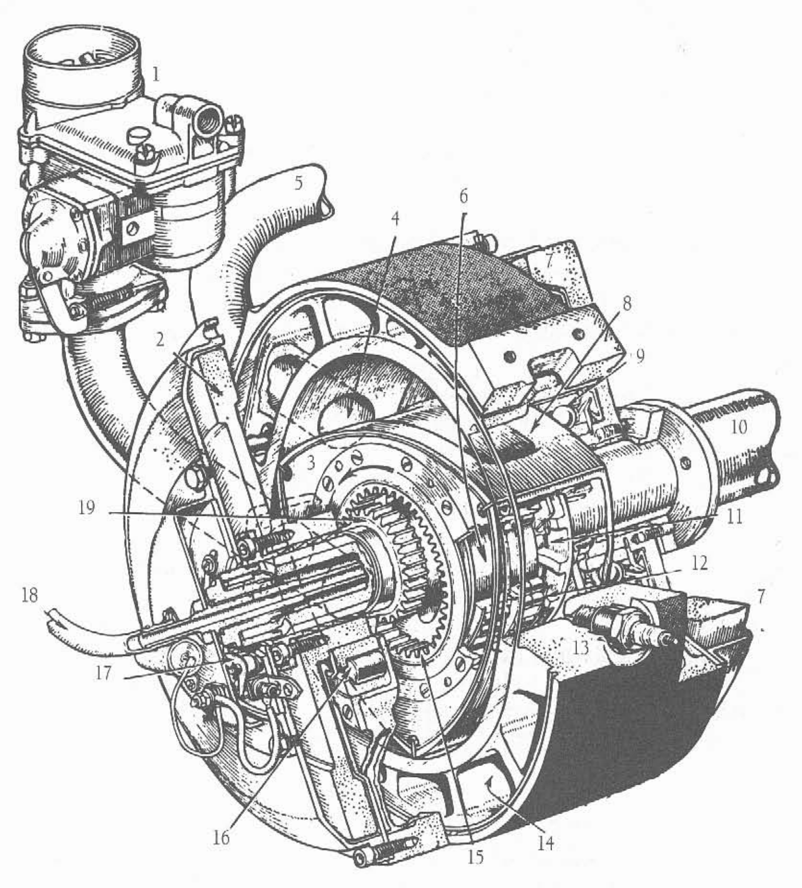
Figura 1.81.

En cada una de las otras caras del rotor sucede lo mismo; en la figura 1.71 se dibuja lo que ocurre en las tres, simultáneamente: mientras dura la admisión 1 a 4 en la CA (un tercio de vuelta del rotor y una vuelta completa de la excéntrica), en la AB se hace la correspondiente compresión (5, 6 7); salta la chispa en la bujía (dibujo III) y se inicia la explosión 8. Para la cara BC en I y II continúa su expansión 9 y 10, seguida del escape 11 y 12.

Así pues, el rotor equivale a un pistón triple, o sea que el Wankel es como un motor de tres cilindros (sus tres lóbulos), que ejecutan el ciclo de cuatro tiempos en una sola vuelta del rotor, que son tres del eje de salida (el de la excéntrica o cigüeñal). Hay, por tanto, una explosión por cada tercio de vuelta del émbolo rotor, o sea una por cada vuelta del eje (Fig.1.72).

Los tiempos del ciclo ocurren siempre en el mismo sitio del estátor (Fig.1.71): la admisión, que es hasta cierto punto una fase refrigerante por la evaporación de la gasolina que entra pulverizada en la mezcla fresca, tiene lugar en la parte derecha, así como la compresión. En cambio, las fases calientes (explosión y escape) suceden a la izquierda. Esto quiere decir

que una parte del motor se calienta mucho más que la otra (la diferencia llega a ser entre 150° la parte de admisión y casi 1.000° la de escape); a ello se añade, que por ocupar todos los mecanismos la tercera o cuarta parte que en el equivalente motor de cilindros y pistones, esta concentración del calor (que es el mismo para la misma potencia) plantea problemas de refrigeración, agravados por el desequilibrio citado que produce una distorsión en el motor.



1. Carburador.
2. Contrapeso rotativo pa-ra equilibrar al movimiento del rotor 8.
3. Vértice o aristas del rotor 8.
4. Lumbrera de escape y su tubo 5.
6. Excéntrica.
7. Volante.
8. Una de las caras del rotor triangular, que hacen de pistones.
9. Rodamientos de bolas del rotor (el otro es el de rodillos 16).
10. Eje motor (a la transmisión).
11. Bomba que aspira y recoge el aceite de la lubricación (el que entró por 18).
12. Cuádruple rodamiento de rodillo 9 para la articulación de la excéntrica 6 y el rotor 8.
13. Bujía.
14. Cavidades del estátor para la circulación del agua de refrigeración.
15. Piñón del rotor que engrana con el fijo 19 del estátor. Aquí tienen 45 y 30 dientes, repectivamente.
16. Rodamiento de rodillos.
17. Ruptor del encendido.
18. Entrada del aceite (para refrigeración y engrase).

Figura 1.82.

7.3. Funcionamiento

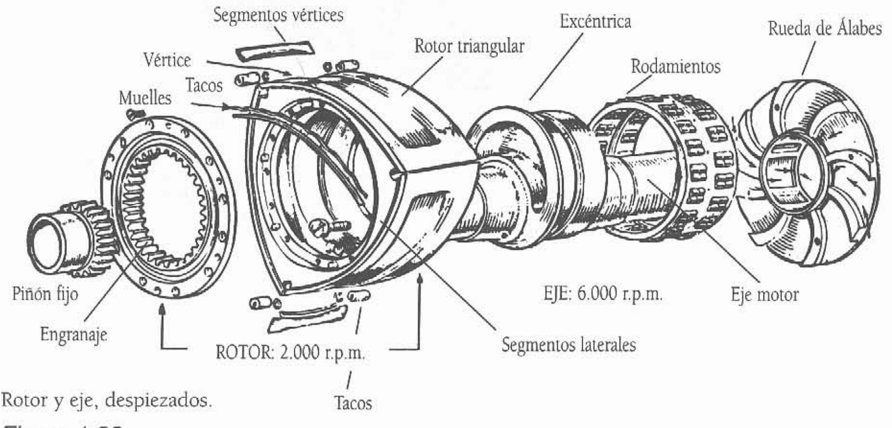
En las figuras 1.79-III y 1.81-7 se ve como las caras del rotor se ciñen a la pared del estátor, de tal manera que la compresión sería excesiva si no se practicaran en aquéllas los rehundidos o vaciados que se marcan con líneas de trazos y que son bien visibles en las figuras 1.80, 1.82 y 1.83. La relación de compresión más práctica parece ser la de 8, aunque la de 9,5 es la de consumo mínimo; entre ambas debe oscilar el valor de los motores Wankel en su aplicación al automóvil.

Pero estos huecos, hacen que en el momento opuesto del ciclo (Fig.1.81), permanezcan comunicándose demasiado tiempo y francamente el escape y la admisión. La razón del solapo, en los motores de pistón, no aparece aquí tan clara, y se ha visto prácticamente que no conviene acentuarlo. Por ello, la admisión se realiza por una ventana lateral (Fig.1.80), por la que entra la mezcla fresca procedente del carburador cuando la descubre el borde del rotor.

La figura 1.80 muestra la forma real del motor, aunque simplificada. El movimiento ondulante y giratorio del rotor triangular se equilibra poniendo un contrapeso rotativo, y la regularización de tiempos se obtiene, como siempre, con el volante.

Un motor Wankel, detallado, se ve en la figura 1.82, cuya leyenda expone los diversos componentes.

En la figura 1.83 se detalla, despiezada, la parte giratoria. El juego es mínimo entre el rotor y el estátor en todas las superficies y líneas de contacto, como son las laterales y los vértices o aristas; pero deben ser tan estancas al paso de los gases, como lo son los pistones en su roce dentro de los cilindros. Cada uno de los tres lóbulos giratorios debe ser impermeable respecto a los otros dos para que no se perturben las fases del ciclo que está haciendo cada uno, y que no se pierda compresión o explosión, por fugas entre ellos. Para conseguirlo se colocan "segmentos". Los de las paredes laterales, con muelles de berilio, van alojados en gargantas siguiendo los bordes del rotor, y encajan en los rebajes de los tacos, pequeños cilindros de acero que reciben, a su vez, a los "segmentos" de los vértices. Los tacos también llevan muelles, como se detalla en la figura 1.84: cerca del vértice del rotor va alojado un taco, en el que encajan los segmentos laterales y el del vértice. Éste aparece con un vaciado en este esquema, pero puede ser distinto porque es, justamente, la dificultad máxima del motor Wankel, la pieza que más ensayos y fallos ha tenido y la que más parece retrasar la aplicación práctica del motor.



Rotor y eje, despiezados.

Figura 1.83.

Tanto en su forma como en los materiales empleados, ofrece variedades, como las de la figura 1.85: en el detalle 1, con una posible oscilación de unos 20°, y en el detalle 2 con una superficie de apoyo mucho mayor sobre la cara del estátor. En estos dibujos se ve como los segmentos laterales no apoyan a la misma altura, cosa que también se expone en la figura 1.84, detalle 1, respecto al sentido de giro.

El problema de la estanqueidad en los vértices se agrava porque la fuerza centrífuga y el empuje del engranaje del rotor se aúnan para hacer que el segmento se apriete con gran fuerza sobre la pared curvada del estátor, y con presión variable dentro de cada vuelta, que en algunos elementos se aplica como un martillazo. Además, han de tenerse en cuenta las vibraciones, que pueden hacer mucho mayor el impacto, y la desventaja de la diferencia de temperaturas antes citada (150° a un lado y casi 1.000° en el otro) que influyen al elegir los materiales. Estas razones, la estanqueidad y la refrigeración, son dificultades que exigen muchas experiencias y, por tanto, tiempo para vencerlas.

La elevada temperatura de la parte del escape se confirma al observar el montaje de algunos motores Wankel en embarcaciones, pues llevan el silencioso refrigerado por el agua del mar.

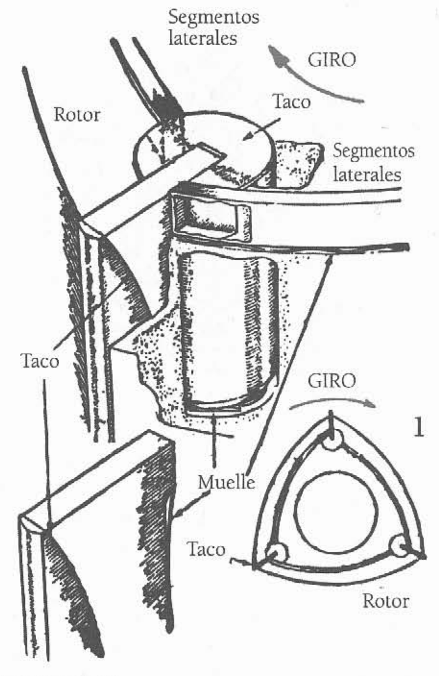


Figura 1.84.

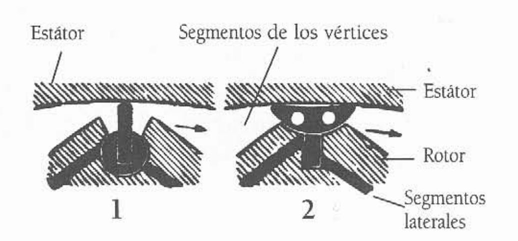
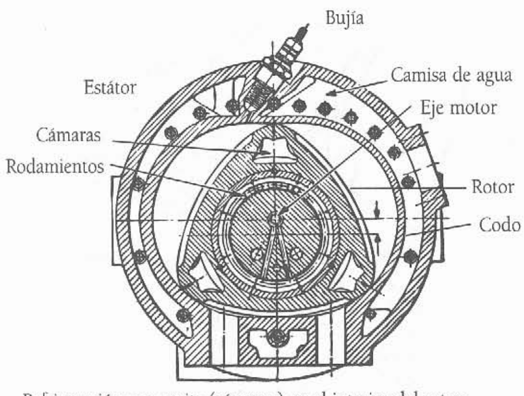


Figura 1.85.

En la figura 1.86 se dibuja un rotor moderno que consta de: tuberías de admisión y escape; una camisa de agua que refrigera el estátor, dibujándose los conductos alrededor de la bujía; el rotor, que recibe el aceite por el eje motor del que pasa a engrasar los rodamientos y a refrigerar aquél, circulando por unas cavidades o cámaras. La forma de éstas, adecuadas al movimiento ondulante del rotor, lo convierten en una bomba para la circulación del aceite que, recogido por la rueda de álabes (figura 1. 82 y 1.83), sale a unos 130° de temperatura. En la figura se señala la excentricidad o codo del rotor respecto al eje motor.

El engrase de los lóbulos, para el roce de los segmentos laterales y de vértice, se realiza como en los motores de dos tiempos, añadiéndose aceite a la gasolina en la proporción del 1 al 2 por 100. Pero es posible sustituir la mezcla por el envío de aceite a presión en cantidad dosificada, para mejorar el engrase y evitar la molestia de hacer la mezcla cada vez que se reposta.



Refrigeración por aceite (cámaras) en el interior del rotor.

Figura 1.86.

La bujía necesita ser muy dura (muy fría). Últimamente ha preparado Bosch una especial, que ya consigue una duración satisfactoria. La chispa salta en una pequeña cámara "separada", y el avance al encendido es análogo en todo al de un motor de pistones.

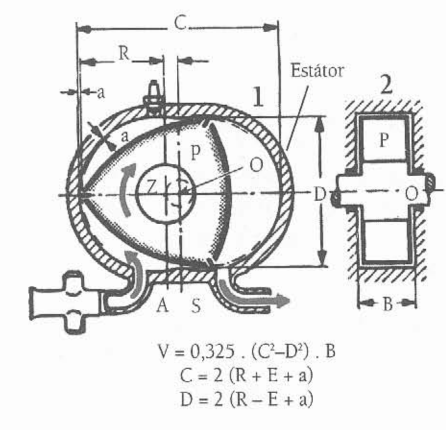
7.4. Cilindrada

Tanto N.S.U. como Mercedes presentan como cilindrada del motor Wankel, la de uno de los lóbulos; o sea, la diferencia que hay entre el máximo y el mínimo volumen que se forman entre una cara-émbolo del rotor y la pared curva del estátor. El máximo es, por ejemplo, el que en la figura 1.81-10 se ve para el final de la explosión (igual al máximo de la admisión). El mínimo es el de los dibujos 1 (fin del escape) ó 7 (momento de la máxima compresión).

Para poder cifrar esta cilindrada se recurre a la fórmula simplificada, pero bastante exacta, de la figura 1.82 (1, corte a lo largo; 2, corte a lo ancho), en función de unas dimensiones fáciles de medir, en las que:

- C, es el ancho total máximo del hueco del estátor; es decir, la suma del radio R del rotor P, la excentricidad OZ y la holgura "a" entre los vértices del rotor y la pared del estátor, tapada por el segmento más difícil.
- D, es la parte más estrecha.
- B, es el grueso del rotor, o separación entre paredes planas del estátor.

Si las medidas se expresan en centímetros, la cilindrada correspondiente a un lóbulo, en centímetros cúbicos sería: $V = 0{,}325 \times (C^2 - D^2) \times B$.



$V = 0{,}325 \cdot (C^2 - D^2) \cdot B$
$C = 2\,(R + E + a)$
$D = 2\,(R - E + a)$

Figura 1.87.

Si la cilindrada de un sólo lóbulo se admitiera que fuese la del motor, el Wankel gozaría de decisivas ventajas fiscales y deportivas; pero la verdad es que funciona como un tres cilindros en el ciclo de cuatro tiempos. El que el eje de salida gire a triple velocidad que el rotor, no tiene nada que ver con la definición de cilindrada, ya que ésta es, técnica y legalmente, el volumen de gases frescos que pueden entrar a dejar su energía mientras dura un ciclo. Éste (Fig.1.81) necesita una vuelta completa del rotor, durante la cual entra el volumen de gases correspondiente a los tres lóbulos, o sea, que en la fórmula anterior debe sustituirse el coeficiente = ,325 por el de =

,975. Así ha opinado la Comisión Técnica Internacional de la F.I.A (Federación Internacional del Automóvil) y, en consecuencia, las Federaciones Internacionales Deportivas de Automovilismo y de Motonáutica. Y lo que es más significativo, así es la cilindrada que el Gobierno Alemán ha declarado para fines fiscales. Sin embargo, la Federación Internacional Motociclista considera, provisionalmente, que la cilindrada puede admitirse como el doble de un lóbulo (coeficiente 0,650); teniendo en cuenta que el ciclo de cuatro tiempos se realiza en un motor de pistones en dos vueltas del eje motor, como aquí se ejecuta en tres (del árbol de salida), cabe aplicar la reducción correspondiente 2/3.

7.5. Características comparadas con el motor de pistones

La velocidad de rotación, que en los primeros tiempos (1959-62) se estimaba de hasta 17.000 rpm para el eje de salida (unas 5.600 en el rotor), exigía el empleo de engranajes reductores al enlazarse con la transmisión. Actualmente son innecesarios, porque los últimos modelos ensayados para el automovilismo, tienen una rotación de 5 a 6.000 rpm (máxima de 2.000 rpm, en el rotor, figura 1.83).

El ralentí, no es lento y recuerda la irregularidad de los dos tiempos, aunque se ha conseguido estabilizarlo a más de 6.000 rpm (del eje de salida).

El motor tiende a ser ruidoso, por el empuje del engranaje, pero progresivamente se ha ido disminuyendo este inconveniente. Silenciar el escape, también es más difícil que en los pistones a cuatro tiempos.

Los consumos de gasolina y aceite, son más aceptables, aunque todavía algo mayores que en el motor de pistones de la misma potencia efectiva.

La cilindrada más eficaz, hasta ahora, parece ser la comprendida entre 3 x 400 = 1.200 c.c. y 3 x 500 = 1.500 c.c. Ésta último, con una velocidad de salida de 6.000 rpm, dio una potencia máxima de 55 CV, lo que representa 37 CV por litro, cifra aceptable, pero ya superada en muchos motores de serie con émbolos.

El par parece que es lo peor, pues por debajo de 3.000 rpm cae rápidamente (y con él la potencia), o sea, que no es un motor elástico. De aquí que sus primeras aplicaciones industriales parezcan ser como motores fijos (compresores, grupos electrógenos, etc.) y marinos, en los que las variaciones de velocidad son mucho menores que en el automovilismo.

El freno motor es malo, como el de un dos tiempos. Pero si éstos se usan con éxito en automóviles (Saab, DKW), el freno motor no sería una causa de eliminación.

Respecto a la duración, los datos que se conocen parecen indicar la equivalencia a 50.000 Km. para el estátor (unas mil horas, si bien en algunas pruebas se llegó a 2.000); pero los segmentos de los vértices pudieran tener que renovarse cada 100 horas. Estas cifras no son muy indicativas porque los ensayos progresan indiscutible y rápidamente.

7.6. Ventajas del motor Wankel

La suavidad de funcionamiento, sin tirones, ni detonaciones ni autoencendido. La mejor gasolina que puede necesitar será la de 70 octano (en realidad basta la de 60), y esto ya representa una gran simplificación en la producción de combustible. Si el Wankel llega a resolver los problemas expuestos, este factor puede ser de gran trascendencia industrial.

El motor ocupa menos espacio y pesa menos que su equivalente de pistones. Pero hay que tener en cuenta que precisa un mayor sistema de refrigeración. Estará exento de vibraciones, porque las de los segmentos han de suprimirse para poder funcionar.

La sencillez mecánica es indiscutible. Compárese el despiece de la figura 1.75 con el incompleto de la figura 1.49 que sólo despieza un cilindro - pistón - biela.

Por tanto una vez producido en serie, el precio debiera ser apreciablemente menor que el de su equivalente de pistones (en cuatro cilindros).

7.7. El prototipo N.S.U.- Wankel

A finales del año 1963 se probó el automóvil N.S.U. (figura 1.88, un descapotable) provisto de motor Wankel. Llevaba el motor atrás, y salta a la vista como el ahorro de peso y volumen en el motor, parece haberse perdido con el complicado y aparatoso sistema de refrigeración: un gran radiador para el agua que va colocado delante, con su potente ventilador eléctrico (para la calefacción del vehículo se deriva agua por unos tubos al calentador de aire, con su electroventilador); desde el motor trasero el agua va al radiador por un tubo y vuelve por otro, ambos a lo largo del vehículo; lleva su termostato y bomba de agua; y el radiador para el enfriamiento del aceite (usado como refrigerante del rotor),que está en la parte inferior.

La cilindrada (contando los tres lóbulos) es de 1.500 c.c. con una potencia SAE de 55 CV a 5.000 rpm (37 CV por litro). Esta cifra, ya escasa para un motor moderno, parece que ha sido obligada para poder situar el par máximo a unas 3.000 rpm, en un esfuerzo para dar cierta elasticidad al funcionamiento del motor.

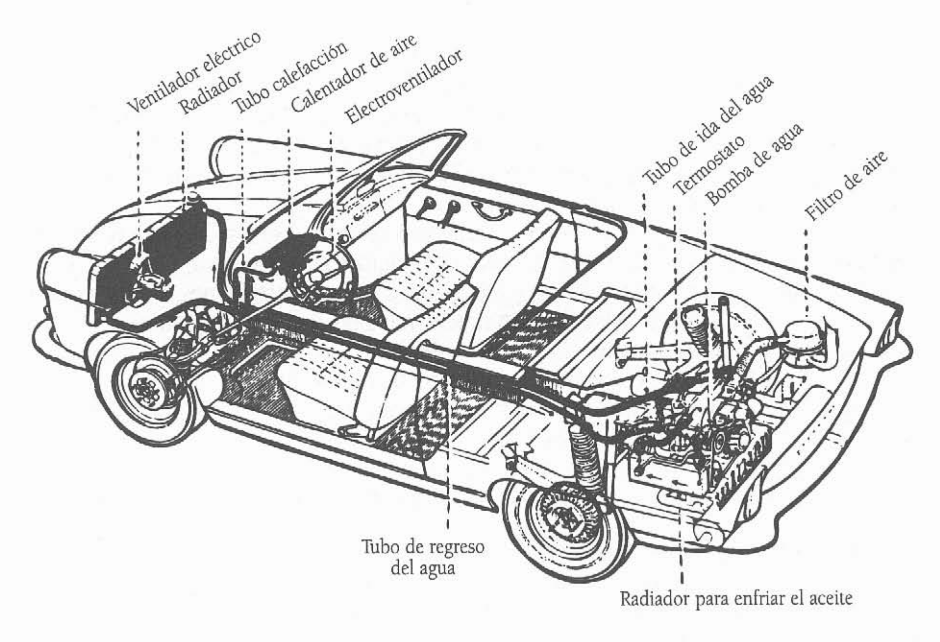


Figura 1.88.

Notas

1. La ***fundición* es** el material que se obtiene al tratar inicialmente el mineral de hierro en los altos hornos. Contiene, además del hierro, otros cuerpos (carbono, etc.) y es muy apropiado para obtener en moldes piezas de formas complicadas como es el bloque de cilindros, en el que las paredes son dobles para formar las camisas de agua.

El *acero* es un material en el que el hierro está acompañado de menor proporción de carbono que en la fundición, y muchas veces de otros metales que se dosifican y mezclan a propósito para obtener materiales de alta calidad y propiedades especiales. Casi todo el mecanismo del automóvil es de acero de cualidades diferentes.

El *hierro dulce*, o simplemente hierro, es cuando éste está casi puro.

2. El ***metal antifricción o babbitt*** es una aleación de plomo, estaño y antimonio con pequeñas cantidades de cobre y níquel, que tiene dos propiedades esenciales: 1ª, su reducido coeficiente de frotamiento, que le permite trabajar con roce suave y untuoso, y 2ª, que protege al motor de las graves averías que causaría una falta de engrase, pues como su punto de fusión es inferior a los 400 grados, se funde antes de que el calor del rozamiento en seco resulte peligroso para el cigüeñal, actuando de este modo casi como lo hace un fusible en un circuito eléctrico.

Modernamente se usan también una aleación de bronce y plomo (cobre plomado), y otra de cinc, cobre y aluminio, dando ambas un frotamiento muy suave y una mejor resistencia mecánica que el babbitt corriente.

5. **La disposición en V** para motores de seis cilindros la usan entre otros muchos fabricantes, Ford en los modelos Sierra 2.9i Ghía, Scorpio 2.4i y 2.9i CLX, GLX Ghía, Scorpio Executive 2.9, Probe 2.5i; Renault en los modelos Espace RT y RXE, Alpine 610 Turbo, Laguna RTi, Safrane RN y RXE; Alfa Romeo en el Alfa 155 2.5 y en el Alfa 164 3.0 24v y el Q4; Maserati en los modelos 222 S, SR y 4v, en el 430 Spyder y 4v y en el 228; Volvo en el 940 TD, 960 24v, en el Vento, Passat y Corrado VR6; Mercedes en el 190E 2.6, en el 280E, 320E, 300TD, etc.

Con seis cilindros en V existe un motor diesel, que fue usado por el camión español Pegaso, colocados los bloques formando ángulo de 120º (un tercio de circunferencia), que parecía el más adecuado, donde el equilibrio de las piezas en movimiento es difícil de conseguir y requiere que el cigüeñal mueva, por un engranaje, otro eje paralelo con contrapesos y que gira a la misma velocidad, pero en sentido contrario. Este remedio fue adoptado también por los cuatro cilindros en V del Saporojetz (ruso, con los bloques a 90º) y por el Ford Cardinal (alemán, con bloques en ángulo de 60º). Los Lancia cuatro cilindros en V estrecha (10º ó 12º) son casi en línea.

Sin embargo, los seis cilindros en V para los camiones GMC, el del automóvil "compacto" de Buick y el de Lancia-Flaminia, no necesitan de ese eje auxiliar. Lancia y GMC tienen los bloques a 60º, pero el cigüeñal tiene seis codos. Suponiendo la numeración del GMC como en la figura 1.44 (1,3,5, a la izquierda y 2,4,6 a la derecha desde el asiento del conductor), los codos están espaciados a 60º entre los cilindros 1-2, 3-4 y 5-6, pero a 180º entre los 2-3, 3-4 y 6-1. De esta forma, el equilibrio de las piezas móviles se consigue con diversos contrapesos sólo en el cigüeñal, y el orden de explosiones 1-6-5-4-3-2, aunque no espaciadas por igual, resulta aceptable.

El Buick tiene los bloques en ángulo recto (90º, como los de ocho en V) y el cigüeñal es de tres codos espaciados a 120º. Con la misma numeración de cilindros, el orden de explosiones resultante y el espaciamiento entre ellas es el siguiente: 1 (150º), 6 (90º), 5 (150º), 4 (90º), 3 (150º) y 2 (90º). A pesar de esta irregularidad en el reparto de los esfuerzos motores, el funcionamiento es suave y sin vibraciones. Después de todo, si los cuatro cilindros funcionan perfectamente con espaciamien-

to a 180º, con mayor motivo la uniforme suavidad será mejor con separación máxima de 150º en este caso.

6. **De cada 100 modelos de motores** para automóviles, el 72 por 100 dispone los cilindros en línea (casi todos los de cuatro y seis cilindros), el 21 por 100 en V (entre ellos, todos los de ocho cilindros) y un 7 por 100 los lleva horizontalmente opuestos.

7. **La fuerza de la explosión del motor** como ya se ha dicho, lo que hace realmente es producir par motor. En la figura 1.60 se ve que el par máximo se produce a 3.500 rpm; en cambio, la máxima potencia se produce a las 4.500 rpm

Se explica porque, la potencia se obtiene de multiplicar el par por la velocidad de giro del motor. Si el lector se molesta en hacer esta multiplicación para 3.000 rpm, 3.500 rpm y 4.500 rpm por ejemplo, encontrará 65 CV, 77 CV y 90 CV.

Es decir la máxima potencia es para 4.500 rpm aunque el par sea sólo de 14,3 mxkg. Aunque la potencia máxima, como se ve, se obtiene a 5.000 rpm, si el lector quiere emular a los corredores de fórmula 1 y pretende hacer una salida rápida, comprobará que debe poner el motor a las revoluciones del par máximo: 3.500 rpm para el Mercedes 190 D 2.5 (estas revoluciones pueden variar bastante de un vehículo a otro) y no a la potencia máxima ya que lo que se pretende es tener en la rueda la "máxima fuerza" de impulso; es decir, el máximo par motor.

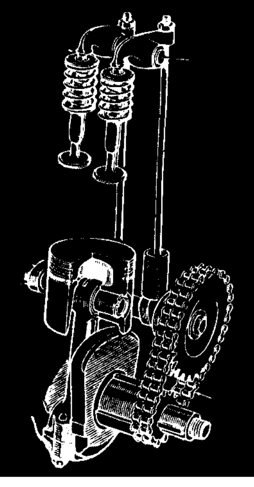
Un ejemplo claro del progreso alcanzado en la tecnología del automóvil se tiene al comparar el Ford de 8 cilindros en V del año 1932 (válvulas laterales, compresión 5,5, 66 CV a 3.400 rpm y 3.600 cc. de cilindrada con un modelo actual de Ford; el Mustang SVO que con sólo 2.300 cc. de cilindrada da una potencia de 177 CV. Todo esto unido a la clara reducción del consumo de combustible por CV.

La potencia por litros de cilindrada de un automóvil normal está alrededor de los 45 CV por litro, llegándose a los 60 CV por litro para los motores más "apretados" y a los 140 CV por litro del Ferrari GTO (dotado de un motor turbo alimentado).

8. **En los automóviles de cuatro ruedas,** a partir de 500 cc. de cilindrada, el 98 por 100 de los modelos de motores trabaja en el ciclo de cuatro tiempos, y sólo un 2 por 100 en el de dos, aunque en esta pequeña minoría figuran las ya clásicas y bien conocidas marcas DKW (alemana) y Saab (sueca). En cambio, en motocicletas se emplea en el 80 por 100 de los modelos y en casi todos los ciclomotores.

El lector que desee conocer en detalle los "Motores de dos tiempos" lo encontrará en el libro MOTOCICLETAS, del mismo autor.

9. **Últimamente se ha intentado dosificar el lubricante** según las verdaderas necesidades del motor de dos tiempos; o sea hacer variable la proporción del aceite. En algunos modelos de DKW ya no se hace mezcla previa; el aceite va en depósito separado, del que una bomba lo envía al surtidor del carburador a mezclarse allí con la gasolina. Desde el cigüeñal una correa mueve la bomba (de modo que el suministro es proporcional a la velocidad de giro); en la bomba, el aceite es empujado hacia el surtidor por un pequeño pistón cuya carrera es máxima cuando la mariposa de gases está abierta del todo (plena carga del motor, engrase máximo). A medida que se suelta el acelerador, a la vez que se cierra la mariposa de gases, se hace mover un tope que limita la carrera de dicho pistón, con lo que la proporción de aceite se hace proporcional a la carga, y llega a ser del 1 por 100 cuando se suelta el acelerador. Se obtiene economía y, lo que es más importante, habrá menos carbonilla, humos y olor.



Capítulo 2

La Distribución

1. INTRODUCCIÓN

Es el conjunto de piezas que se encargan de regular la entrada y salida de gases al cilindro. La figura 2.1 muestra un motor con válvulas en culata, como es normal en la actualidad que consta de:

- Engranajes de mando, reciben movimiento del cigüeñal.
- Árbol de levas, las levas producen el levantamiento de las válvulas en el momento adecuado y durante el tiempo necesario.
- Taqué o Empujador, recibe el movimiento de la leva y lo transmite a la válvula o varillas empujadoras según los sistemas de distribución empleados.
- El balancín, basculante u oscilante según el sistema de distribución empleado recibe movimiento de la varilla empujadora o de la leva en un caso o en otro.
- El eje del balancín, permite oscilar al mismo y asegura su engrase.
- Los muelles de válvula, mantienen las válvulas cerradas cuando la leva no empuja.
- Las válvulas, abren o cierran los orificios de entrada y salida de gases.

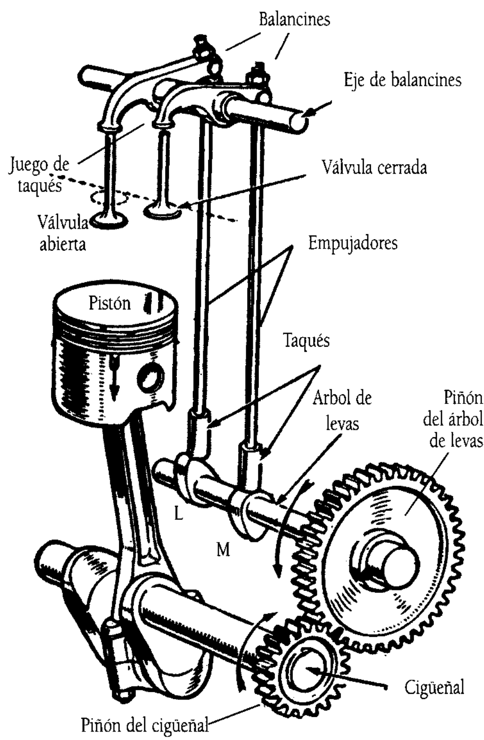


Figura 2.1.

2. DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS

2.1. Las válvulas

Situadas en culata o bloque, según sistema de distribución, (es más utilizada la colocación en culata), abren o cierran los orificios de entrada y salida de gases, (Fig.2.2) constan de cabeza y cola o vástago.

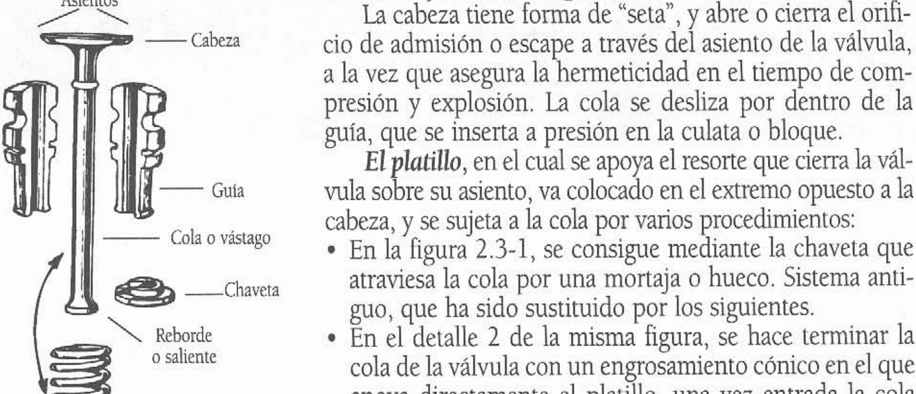
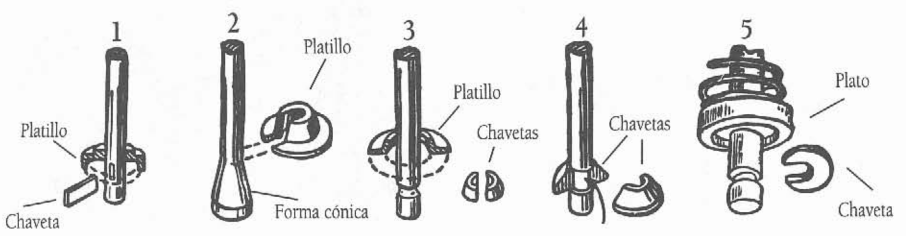


Figura 2.2.

La cabeza tiene forma de "seta", y abre o cierra el orificio de admisión o escape a través del asiento de la válvula, a la vez que asegura la hermeticidad en el tiempo de compresión y explosión. La cola se desliza por dentro de la guía, que se inserta a presión en la culata o bloque.

El platillo, en el cual se apoya el resorte que cierra la válvula sobre su asiento, va colocado en el extremo opuesto a la cabeza, y se sujeta a la cola por varios procedimientos:

- En la figura 2.3-1, se consigue mediante la chaveta que atraviesa la cola por una mortaja o hueco. Sistema antiguo, que ha sido sustituido por los siguientes.
- En el detalle 2 de la misma figura, se hace terminar la cola de la válvula con un engrosamiento cónico en el que apoya directamente el platillo, una vez entrada la cola por la escotadura.
- En 3, la escotadura de la cola recibe las medias chavetas sobre las que se apoya, y que son retenidas por el plato.
- En el detalle 4, las medias chavetas, más grandes, forman ellas mismas el platillo sobre el que se apoya el resorte, reteniéndolas.
- Y por último, en el detalle 5 de la misma figura, el platillo es sostenido por una chaveta que encaja en una escotadura de la cola, impidiéndose la caída porque aquella queda prisionera en el rebaje interior del platillo.
- En la figura 2.2, el resorte va apretado entre la parte inferior de la guía (partida en dos) y la chaveta circular que por su escotadura entra a apoyarse en el reborde saliente al final de la cola; de manera que, el resorte tira de la válvula haciendo que la cabeza se apoye en el asiento (Fig.2.4). La guías cuando son postizas como en las figuras 2.2 y 2.4, van embutidas en el bloque o en la culata si se trata de válvulas en cabeza.

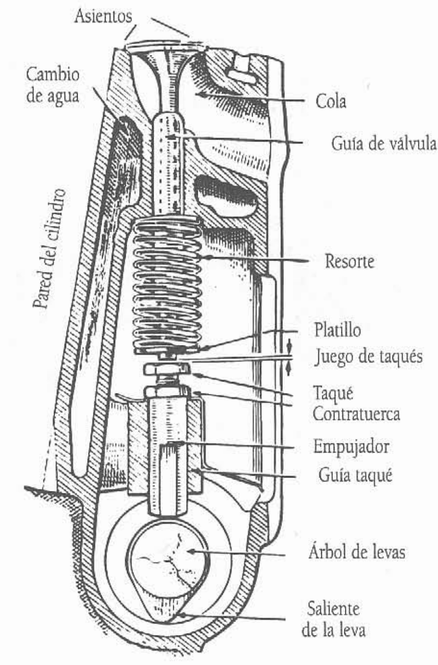


Sujeción del platillo a la válvula

Figura 2.3.

El número de válvulas por cilindro, ha pasado de las dos tradicionales (una de admisión y otra de escape), a las culatas multiválvulas (con dos de admisión y dos de escape, o dos de admisión y una de escape, por cilindro) para conseguir mayor optimización en la entrada de gases frescos y en la evacuación de los gases quemados, minimizando la emisión de sustancias residuales a la atmósfera.

El empleo del doble número de válvulas tiene como ventajas: 1ª, el incremento de superficie válida para el flujo de gases, con lo que se puede aumentar la capacidad del cilindro para admitir y expulsar los mismos; 2ª, la posibilidad de colocar la bujía en el centro geométrico de la cámara de compresión, con lo que se consigue una uniformidad en el desplazamiento del frente de llama, que favorece el buen quemado de la mezcla.



Detalle del mando de las válvulas laterales

Figura 2.4.

2.1.1. Materiales

Las válvulas tienen tres tipos de limitaciones que soportar: mecánica (cada válvula y su muelle se abre y cierra 50 veces por segundo, girando el motor a 6.000 rpm; química (al estar en contacto con la combustión, ésta engendra una corrosión que deben resistir) y térmica (la temperatura de la válvula de admisión, refrigerada por los gases frescos, es de unos 400°, y la de escape de unos 700°).

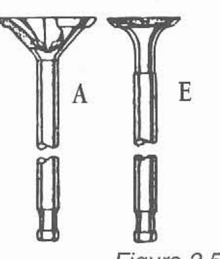


Figura 2.5.

Las guías se hacen casi siempre de un metal de roce suave (fundición gris al cromo vanadio -nilresit-, o de bronce); el tucho o taqué (Fig.2.2), puede ser macizo o hueco, con ranuras laterales para facilitar la lubricación; los empujadores y las válvulas se fabrican de acero, y concretamente, las de escape, de aceros especiales de muy alta calidad, y más resistentes al calor y a la corrosión, que los materiales empleados en las de admisión.

En bastantes motores son idénticas las de admisión y escape; pero modernamente se generaliza el sistema de hacer las válvulas de admisión más anchas (Fig.2.5), para facilitar una amplia entrada y llenado de gases frescos, mientras que las de escape, sometidas a la elevada temperatura de los gases quemados que las rodean al salir (hasta 1.200°), tienen la cabeza de menor diámetro para asegurar su rigidez Los ángulos del asiento de las válvulas suelen ser: de 45° las de Escape y de 30° las de Admisión (figura 2.5 a).

La elevadísima temperatura a que trabaja la válvula de escape (véanse las temperaturas de funcionamiento en la figura 3.27), obliga a refrigerarla con especial cuidado. En motores modernos se hace hueco el vástago e

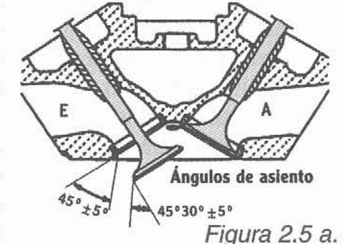


Figura 2.5 a.

incluso la cabeza, para rellenarlo en parte con sodio, metal que se hace líquido en cuanto empieza a funcionar el motor y que tiene la propiedad de conducir el calor con extraordinaria facilidad; de este modo el calor de la cabeza se comunica enseguida al vástago y por éste se disipa, impidiendo que aquella llegue a calentarse peligrosamente. Con este sistema se consigue rebajar la temperatura de funcionamiento en unos 150º, con lo que las válvulas duran tres o cuatro veces más.

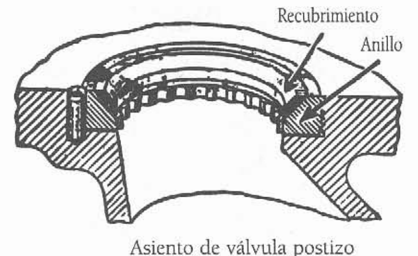


Figura 2.6.

En algunos bloques de cilindros los asientos (Fig.2.4) para las válvulas de escape y desde luego para todas, en las culatas de aluminio, cuando las válvulas van en cabeza, son de acero especial para que soporten el golpeteo de la válvula y las altas temperaturas sin desgaste apreciable, yendo embutidos en el bloque o culata.

En la figura 2.6 se detalla un asiento de válvula, el anillo, de acero especial, puede tener, además, un recubrimiento con grosor de 1 a 2 milímetros, de estelita (aleación de cobalto con cromo, y tungsteno), sumamente duro y resistente al desgaste y corrosión, y al enorme calor de los gases de escape. También el borde de la seta del asiento de las válvulas se reviste algunas veces del mismo material.

Ya han empezado a usarse válvulas con recubrimiento de aleación de aluminio, que no deben ser esmeriladas ni rectificadas.

2.2. El taqué

El mando de la válvula, desde el árbol de levas que luego se describe, se efectúa (Fig.2.4) mediante el *empujador o tucho*, cuya parte superior, en la que se apoya la cola de la válvula, se llama *taqué*, aunque por extensión se le llama así a todo el empujador.

El taqué es un tornillo que se fija al empujador con una contratuerca, después de ajustar el juego de taqués. Éste se desliza en su guía, normalmente de bronce o de fundición dulce (en ocasiones, éstas son rectificadas, enmangadas, atornilladas o bloqueadas por un estribo o tornillo), y termina, por un talón plano, sobre el que frota el saliente de la leva, o por un rodillo.

Con válvulas laterales, el taqué es regulable con tornillo y tuerca. Se llama reglaje de taqués a la acción de dejar un juego entre taqué y cola de la válvula cuando ésta se halle cerrada y con el motor frío, para que cuando se caliente el motor, se permita la dilatación de la válvula, que aumentará de longitud, absorbiendo este juego y manteniéndose la válvula cerrada. Si no existiera el juego de taqués la válvula al dilatar se quedaría abierta. Por otra parte la válvula se abre más rápido porque el taqué, al que la leva empuja de forma suave, al principio, habrá adquirido más velocidad cuando pega en la válvula provocando su inmediata apertura. Los primeros motores se hacían con éste sistema de válvulas laterales y taqué regulable. Con válvulas en culata el reglaje no se hace actuando sobre el taqué, sino de las formas que veremos, pero se sigue llamando a la operación "reglaje de taqués".

Este juego suele ser mayor para las válvulas de escape (de 20 a 35 centésimas de mm.) que para las de admisión (entre 10 y 25 centésimas de mm.)

En la figura 2.4, se ve como la cola de la válvula y el taqué se deslizan por sus respectivas guías, casi siempre tubos encajados a gran presión en los correspondientes alojamientos del bloque o de la culata, pudiéndose reponer cuando su ceñido ajuste a válvula y taqué adquiera holgura.

2.2.1. El taqué hidráulico

Es un sistema que fue utilizado hace años por los fabricantes americanos, y que se está extendiendo cada vez más en los modernos diseños, debido a que su funcionamiento es muy silencioso al compensarse automáticamente las holguras que se van produciendo, haciendo innecesario el juego de taqués.

Cada tucho (Fig.2.7) lleva en su interior otro taqué T que puede deslizarse y se apoya por abajo (hay un momento en que lo mantiene ceñido en K) contra el empujador o cola de la válvula, si ésta es lateral.

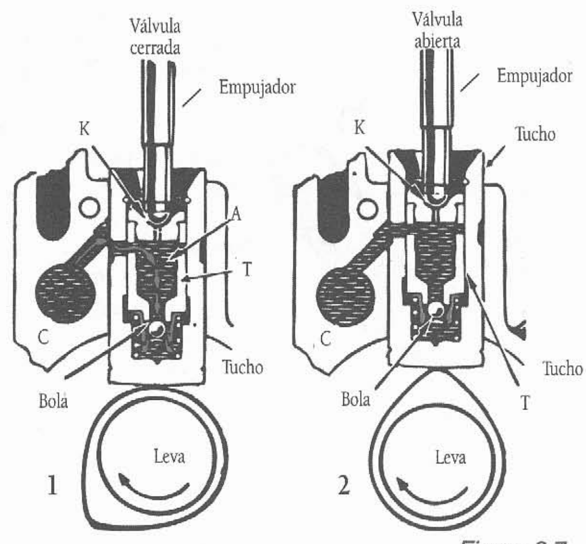


Figura 2.7.

A lo largo del bloque motor corre el conducto o galería C lleno de aceite a presión que viene de la bomba de engrase. Este aceite tiene entrada libre (dibujo 1) al interior A del taqué T y pasa, venciendo la válvula de la bola, que puede usar o no el mismo resorte citado, a la parte inferior del tucho. Mientras la válvula está cerrada, el aceite ayuda al resorte a mantener el taqué T aplicado contra el empujador, sin fuerza naturalmente para abrir la válvula del motor, pero sin holgura o juego en todo el mecanismo hasta ella.

Cuando la leva (dibujo 2) empieza a levantar el tucho y lo acerca a T, se comprime ligeramente el resorte aplicando la bola contra su asiento; como el aceite de debajo de T, no puede "irse", actúa como un sólido y T sube con el tucho, empuja al empujador y obliga a abrirse la válvula venciendo a su fuerte resorte. Una vez pasado el saliente de la leva, tal resorte cierra la válvula y obliga a bajar al empujador, a T y al tucho, volviendo el mecanismo a la posición del dibujo 1.

Mientras la válvula está abierta (dibujo 2) la gran presión del aceite entre el tucho y T hace que parte resbale por entre ambas piezas; pero esta ligera pérdida se repone al cesar la apertura de las válvulas, según las flechas del dibujo 1, como ya quedó dicho.

Todas las dilataciones de este mando, desde la válvula del motor hasta el tucho, son absorbidas por el enlace elástico con aceite entre el tucho y T. No necesita reglaje alguno, y por no haber holguras, el funcionamiento es silencioso.

Con los motores provistos de este sistema hidráulico, debe cuidarse de no circular con exceso de nivel de aceite en el cárter; en tal caso, las cabezas de bielas tropezarían en aquél, haciendo un salpicado fuerte y emulsionándolo con burbujas de aire, nocivas para el funcionamiento.

El aceite debe ser de buena clase y muy limpio (renovándolo con la frecuencia necesaria), para que las impurezas no "engomen" y peguen el mecanismo. Este sistema, además, se puede usar como limitador de régimen de seguridad de giro del motor, diseñándose de manera que para un cierto valor de giro de éste, la alimentación de aceite del taqué sea insuficiente bajando por tanto el émbolo T.

2.3. La leva y el árbol de levas

Las levas (Fig.2.8) son unas prominencias del árbol, en el que van montadas, que levantan las válvulas de sus asientos cuando el saliente de la leva se aplica contra el rodillo o platillo del empujador, o contra los balancines.

Hay una leva por cada válvula, colocándose casi siempre en un solo árbol, y dispuestas entre sí en distinta posición, de acuerdo al instante de apertura de la válvula que le corresponde. Si el árbol de levas (Fig.2.8) gira en el sentido de la flecha, la válvula empieza a levantarse cuando el punto A se pone debajo del talón del taqué, y permanece abierta hasta que el talón se apoya en B; entonces la válvula se cierra por la acción de su resorte.

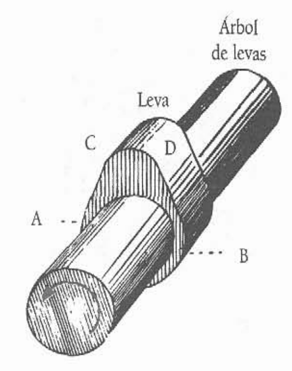
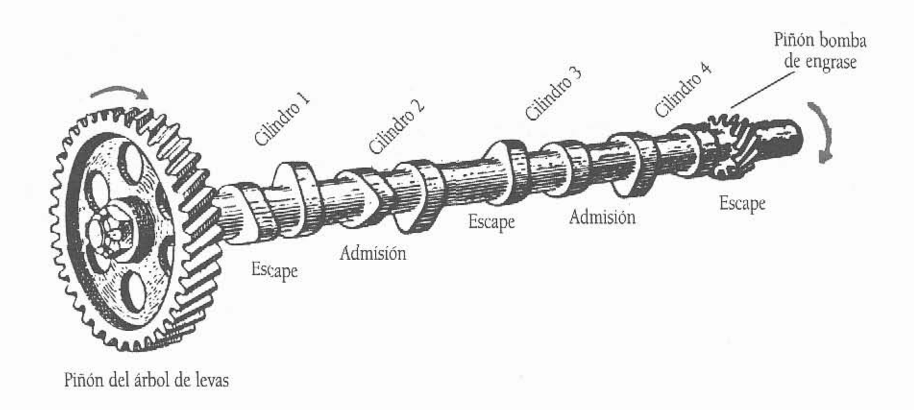


Figura 2.8.

Hace años, el ancho CD de la leva solía ser un poco mayor para las de escape que para las de admisión, por estar más tiempo abiertas las válvulas de escape. En los motores modernos más bien ocurre lo contrario: la admisión dura un poco más que el escape.

Un árbol de levas, posee los siguientes elementos (Fig.2.9):

- Por cada cilindro, tantas levas como válvulas de admisión y escape haya.
- Una leva excéntrica para la bomba de alimentación, si es mecánica.
- Un piñón que mueve la bomba de engrase, y en los motores de gasolina el eje del distribuidor.
- De tres a cinco apoyos, en motores de cuatro cilindros, para evitar las flexiones y las vibraciones.
- En un extremo, un piñón que es arrastrado por el cigüeñal.



Arbol de levas para un motor de cuatro cilindros

Figura 2.9.

2.4. Muelles o resortes

En algunos motores muy rápidos, por cada válvula se emplean dos resortes concéntricos, como se ve en la figura 2.10-2, que representa una válvula, en su guía, colocada sobre la culata del cilindro; o sea, con la cabeza hacia abajo. No sólo se emplean los dos muelles para conseguir mayor fuerza de cierre, y para que si se rompe uno siga funcionando el otro, sino que teniendo sus periodos de oscilación propios muy distintos, la válvula no rebote, aunque uno de ellos entre en resonancia con el "tapeteo" de la válvula. En este mismo dibujo se señalan tres detalles más:

1°. Los muelles de válvulas tienen sus espiras o vueltas generalmente más juntas por un extremo S que por el otro, debiendo colocarse siempre esas espiras apretadas hacia la cabeza de la válvula. La razón es que el empuje y, por tanto, el apriete del resorte, empieza por el final de la cola, que es por donde se encogerá más el muelle.

2°. En algunos casos de válvulas en cabeza hay unos retenes de aceite, como el anillo de caucho sintético, que impiden el paso excesivo de lubricante por la cola, a través del huelgo de la guía, hacia la cabeza de la válvula y cilindro, pues como el engrase de los balancines se hace a presión y el lubricante rebosa, si pasase más aceite del debido se descompondría con el calor de la válvula de escape, "engomado" (poniéndose pegajosa y sucia la guía); y si ésta tuviese un poco de desgaste, pasaría el aceite a la cámara de explosión, aumentando su consumo en perjuicio del funcionamiento del motor (formación de carbonilla). En la figura 2.10.4 se ve el retén.

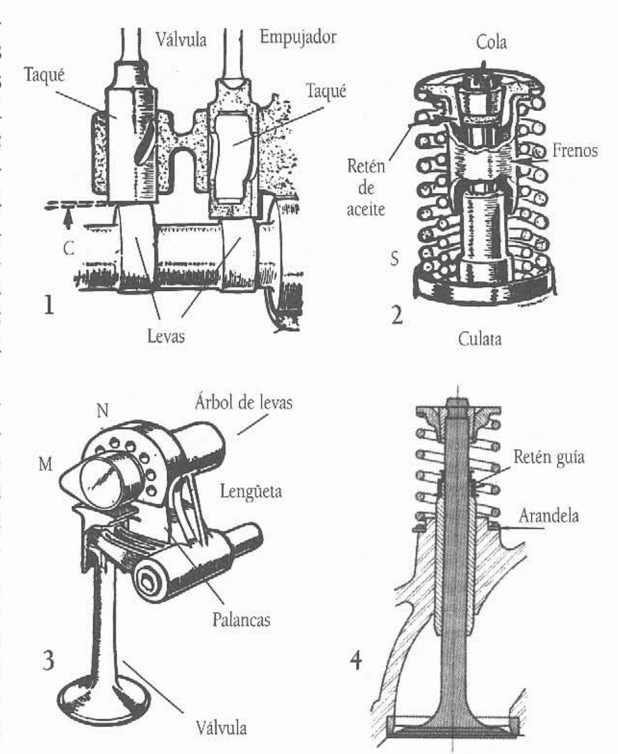


Figura 2.10.

3°. Para frenar las vibraciones que pueden nacer en los muelles de la válvula al funcionar muy deprisa, y que perjudicarían su resistencia, se usan a veces unos "frenos", que consisten en unos tubitos unidos al plato, contra los que frotan las espiras del resorte, o de uno de ellos si se usan dos.

El empleo de resortes para cierre de las válvulas, limita la velocidad de rotación del motor porque llega un momento en que la propia inercia del muelle no le da tiempo a estirarse para cerrar la válvula. Debido a esto, algunos motores de competición capaces de girar

a 10.000 y más r.p.m. carecen de resortes y llevan un *mando desmodrómico*, con dos levas por válvula (Fig.2.10-3): el árbol de levas, para abrir, empuja la leva M y la válvula baja porque la lengüeta apoya en ese momento sobre la parte rebajada de la leva N; para cerrar, actúa el saliente de la leva N, que levanta la lengüeta y las palancas y, por tanto, a la válvula. El cierre hermético lo hace la propia elevada compresión del motor, que a veces es superior a 10. Este dispositivo requiere, justamente, una compresión muy alta, pero permite rotaciones sumamente elevadas.

2.4.1. Rotadores

Si el resorte no aprieta por igual en redondo, el vástago de la válvula frotará de costado en la guía provocando su desgaste desigual, con aparición de fugas o entradas de aire y cierre imperfecto de la cabeza. Por otra parte, como el borde apoya sobre su asiento haciendo contacto siempre por los mismos sitios, la parte que recibe más de lleno el chorro de los gases, ardiendo al abrirse el escape, se calienta más que el resto y puede llegar a quemarse. Ambos inconvenientes se evitan haciendo que la válvula gire un poco cada vez que se abre, con lo que, además, se impide la formación de suciedades carbonosas, pues si alguna partícula se deposita la va deshaciendo y expulsando el giro. Los dispositivos para conseguirlo se llaman *rotadores*, y se aplican indistintamente a las válvulas en cabeza o laterales.

El sistema de *rotador libre* (Fig.2.11-1) intercala una copa, de acero muy duro, entre el extremo de la cola y el taqué. La sujeción del platillo, en el que se apoya el resorte, se hace por medias chavetas. Entre la cola y el fondo de la copa queda un huelgo H, algo mayor que el juego de taqués, de modo que cuando el taqué o el balancín oprimen la copa, ésta levanta el platillo y su resorte, liberando a la válvula de su apriete; cuando el fondo de la copa ha recorrido la holgura H, la válvula comienza a abrirse. Descargada de la presión de su muelle, queda con libertad para girar, gracias a las vibraciones propias del funcionamiento del motor.

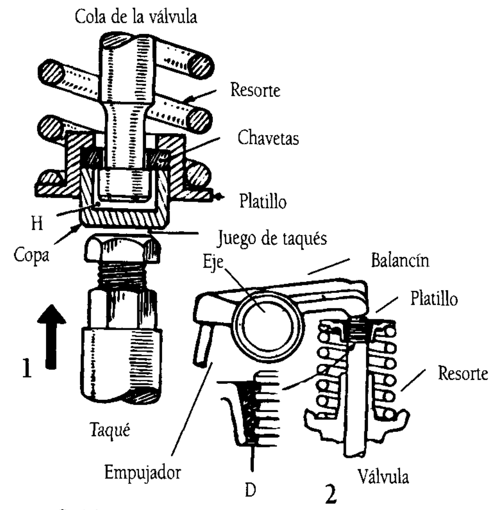


Figura 2.11.

Más sencillo es el sistema Plymouth (detalle 2); la cola de la válvula se sujeta al platillo por una chaveta (rayada en la ampliación D), que ofrece cuatro escalones con holguras, vertical y radial, al extremo de la válvula; así puede ir girando ligeramente con las vibraciones del funcionamiento del motor.

El *rotador forzado* (Fig.2.12), obliga a la válvula para que gire un poco cada vez que se abre. Entre el platillo y sus chavetas se interpone un collar, dentro del cual hay unas bolas dispuestas entre unas rampas y la arandela flexible de acero, como se ve en el detalle 3 (vista del interior del collar), que en el detalle 4 se muestra cortado.

Con la válvula cerrada, la fuerza del resorte se transmite por la arandela al collar de 1 a 2. Cuando baja el balancín y empuja la cola de la válvula (detalle 2), la mayor fuerza del resorte, oprimido, aplasta a la arandela, que deja de apoyarse en 2 contra el collar, haciéndolo por 3 a través de las bolas. En el detalle 4 se ve cómo éstas, al recibir la presión de la arandela, resbalan por el fondo inclinado del collar y le obligan a girar según la flecha. El giro del collar arrastra a la chaveta y a la válvula. Cuando ésta queda libre del balancín y se cierra (detalle 1), las bolas vuelven a quedar libres de la arandela y su pequeños muelles la vuelven a la primitiva posición, hasta la apertura siguiente.

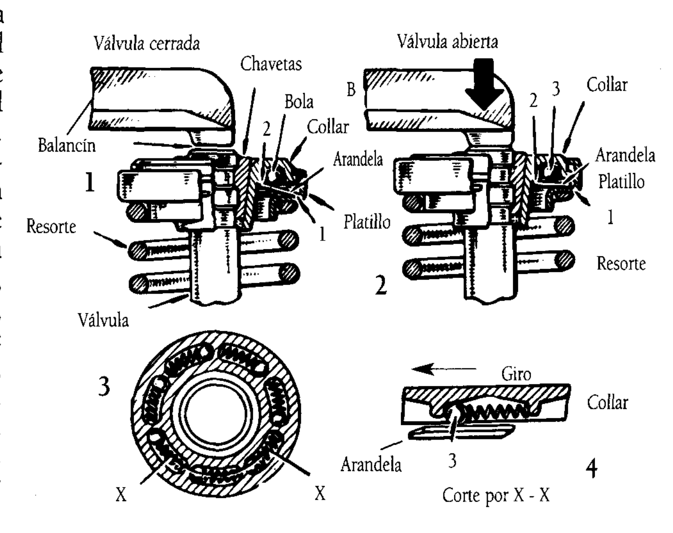


Figura 2.12.

Los rotadores son un perfeccionamiento moderno que se aplicó, sobre todo, a las válvulas de escape en motores destinados a trabajar a plenos gases durante largos periodos seguidos, como ocurre en los camiones para servicios duros; pero el buen resultado obtenido, extendió su empleo a bastantes motores para turismos.

El rotador de taqués o de válvulas SV (Fig.2.10-1), es un sencillo sistema utilizado para rotar los taqués. Las levas se hacen ligeramente cónicas, como se señala en C, por lo que el contacto con la base del taqué resulta excéntrico, de tal manera que gira un poco sobre sí mismo a cada levantamiento, y el desgaste se va repartiendo por todo el contorno de su base.

Si se trata de válvulas en cabeza, el empujador no puede transmitir a la válvula tal rotación, y ha de emplearse para ella uno de los procedimientos antes explicados. Pero en el caso de válvula lateral, la cola de ésta recibe el impulso directamente del taqué y poco a poco va rotando.

2.5. Los balancines

Los balancines, generalmente de acero, van montados por medio de un rodamiento en un eje, sobre el que oscilan, que se encuentra colocado entre las válvulas y los empujadores, o bien entre las válvulas y las levas, caso de un árbol de levas en cabeza.

El eje de balancines es hueco y por su interior circula aceite a baja presión, permitiendo así la lubricación del balancín y eventualmente de la leva y el patín (parte extrema del balancín que incide sobre la leva) a través de los taladros que lleva practicados aquél.

3. MANDO DEL ÁRBOL DE LEVAS

Durante dos vueltas del cigüeñal se realizan en cada cilindro los cuatro tiempos del ciclo; así, por ejemplo, en el de admisión, la válvula correspondiente se abrirá una sola vez en dos vueltas del cigüeñal, y como en una vuelta del árbol de levas la de admisión levanta también una vez la válvula respectiva, el árbol de levas deberá dar una vuelta mientras el cigüeñal da dos. El árbol de levas gira, pues, a mitad de velocidad del cigüeñal, por lo que el piñón del árbol de levas tendrá doble número de dientes, o sea, doble diámetro que el piñón del cigüeñal; como éste gira a derechas (Fig.2.27), el árbol de levas lo haría a izquierdas.

Independientemente del sistema adoptado para el funcionamiento de la distribución, es necesario sincronizar el cigüeñal con el árbol de levas, es decir hacer el *calado de la distribución*; para ello, los piñones disponen de unas marcas de fabricación que lo permiten.

3.1. Mando por piñón intermedio

Cuando la distancia del cigüeñal al árbol de levas es grande, puede disponerse un piñón intermedio; en tal caso el cigüeñal y el árbol de levas giran en el mismo sentido (Fig.2.45). Tiene el inconveniente de que es muy ruidoso.

3.2. Mando por cadena

El mando más frecuente es por cadena (Fig.2.13), que enlaza el piñón del cigüeñal con el del árbol de levas, girando ambos en el mismo sentido. Se puede utilizar una cadena simple, doble o triple. El funcionamiento es más silencioso que con engranaje y, sobre todo, el constructor puede poner el árbol de levas donde más le convenga sin preocuparse del tamaño de los piñones, con tal de que el del árbol de levas tenga doble de diámetro que el del cigüeñal La figura 2.13 representa los mismos elementos que la figura 2.27, detallándose los empujadores que hacen oscilar a los balancines sobre su eje, en la culata, así como la holgura de taqués (válvula cerrada).

La figura 2.14 presenta con detalle el interior del cárter de mando con la disposición del grupo Chrysler. El aceite que se hace rebosar por el extremo del árbol de levas cae al vertedero para gotear entre la cadena y el piñón del cigüeñal, lubricando el conjunto. El sobrante cae al fondo del cárter de la distribución y pasa al cárter del motor.

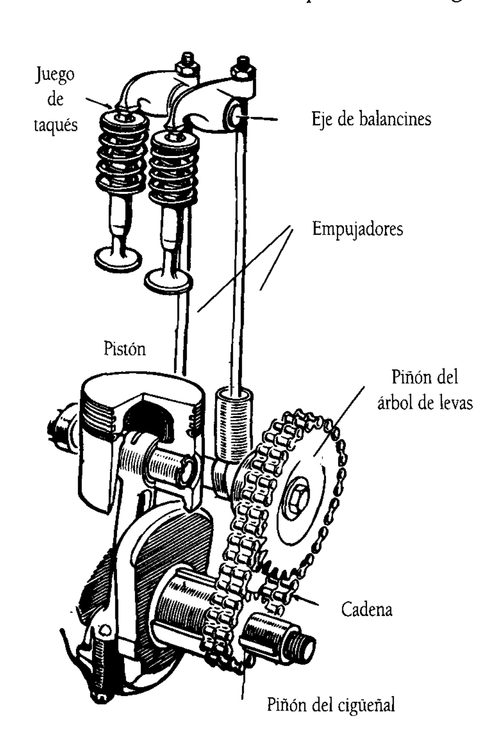


Figura 2.13.

Como la cadena suele ceder con el uso, cuando es algo larga, para evitar que oscile y origine un desreglaje de la distribución, es preciso colocar sobre el ramal flojo de la misma un tensor, mecánico o hidráulico, que la atiranta, compensando el aflojamiento natural. En la figura 2.15 se ve cortada la tapa del cárter de mando de la distribución; sobre la cadena de mando se aplica un taco de caucho sintético, insensible al aceite; en el detalle se ve cómo el soporte del tensor, sujeto al cárter, lleva en su cilindro un resorte que aplica el taco contra la cadena. Por L llega el aceite a presión que pasa por el orificio dibujado a lubricar el roce del taco contra la cadena.

En la figura 2.15-1, se puede ve la composición de un tensor mecánico y la de un tensor hidráulico.

En el extremo exterior del cigüeñal está la polea para la correa que mueve el ventilador, la bomba de agua y la dínamo.

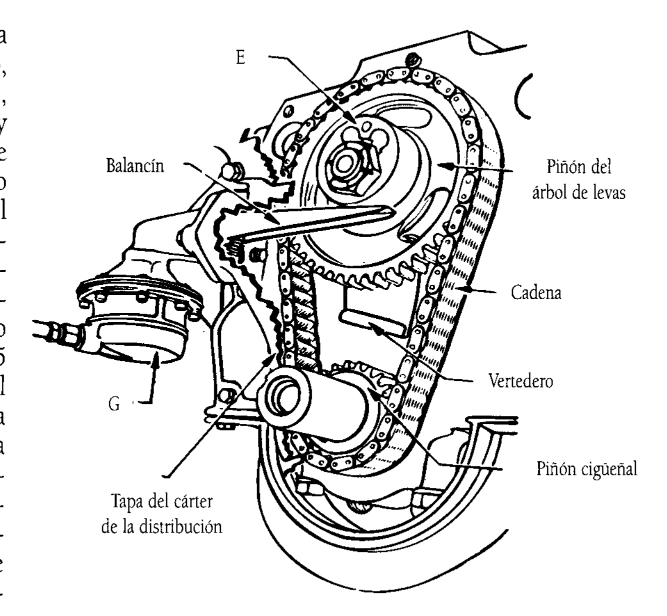


Figura 2.14.

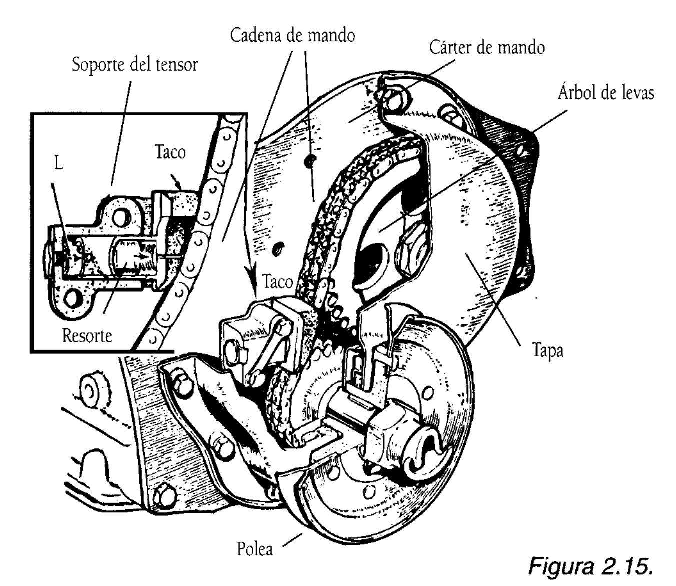


Figura 2.15.

En modelos menos recientes, a veces la cadena de la distribución mueve la dínamo, y cuando aquella se nota floja, se tensa basculando esta última mediante unos tornillos de ajuste.

Con el árbol de levas en la culata, generalmente se usa también una cadena para moverlo (Fig.2.16); dado su largo desarrollo, es indispensable un tensor que corrija y absorba la holgura. En el dibujo 2 el patín, forzado por el resorte visible, se aplica a lo largo de una

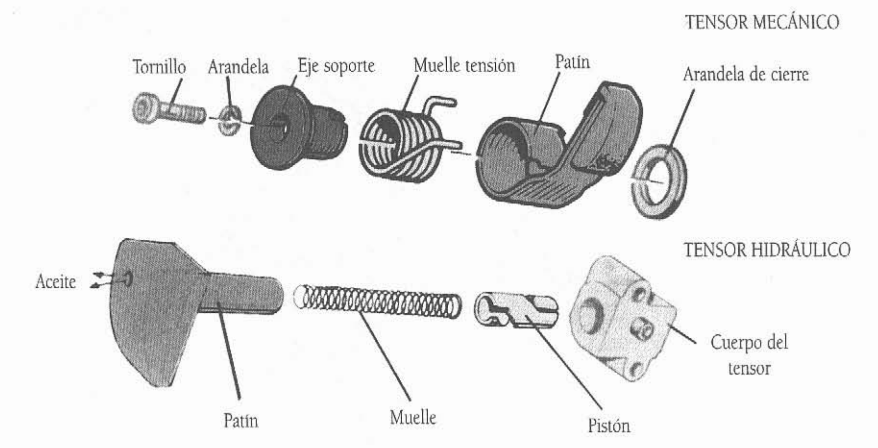


Figura 2.15-1.

rama de la cadena (véase la figura 2.46-3). En el diseño 1 de la figura 2.16 una doble cadena enlaza el piñón del cigüeñal con el árbol de levas. El resorte que va dentro del pequeño cilindro, empuja ahora el soporte del eje del piñón loco engranado a la cadena, sobre la que actúa el tensor. Desde el piñón del cigüeñal, por una cadena sencilla, se manda la bomba de aceite situada en el cárter de mando. En la figura se señalan los apoyos para el codo correspondiente al primer cilindro, y los balancines que, oscilando en su eje, accionan las válvulas inclinadas. Se trata del motor BMW-1500 de cuatro cilindros con cigüeñal de cinco apoyos.

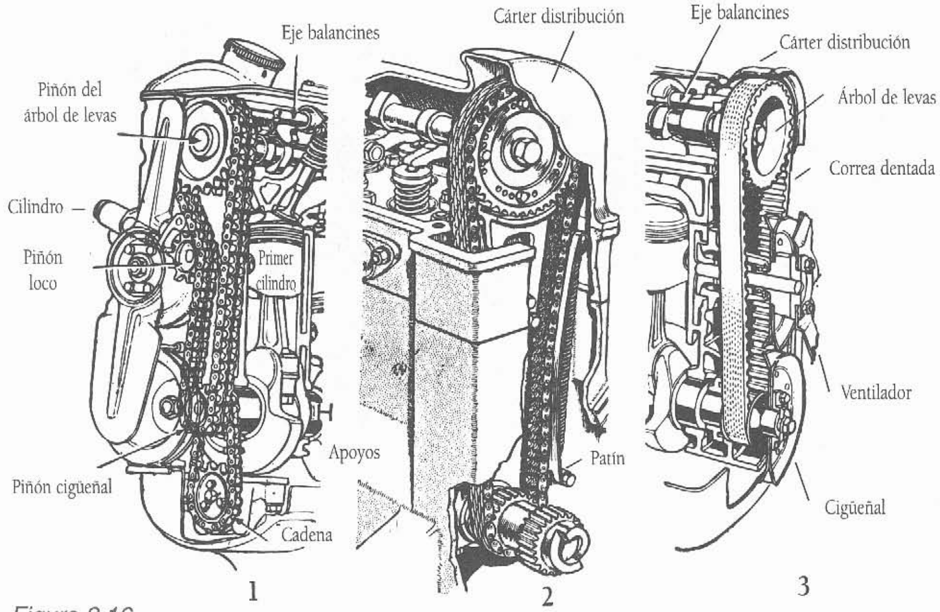


Figura 2.16.

3.3. Mando por correa dentada

En la actualidad la cadena ha sido sustituida por la correa dentada. El empleo de motores con 4 válvulas por cilindro, con altas prestaciones y el aumento de elementos que mueven éstas correas (Fig. 2.17) hacen que las correas tengan grandes ventajas respecto de las cadenas, tanto por su reducción de espacio como por su funcionamiento silencioso. La necesidad de accionar componentes auxiliares como se ve en la figura 2.17, y la reducción del ruido así como la efectividad del sistema ha desarrollado nuevas correas y tensores.

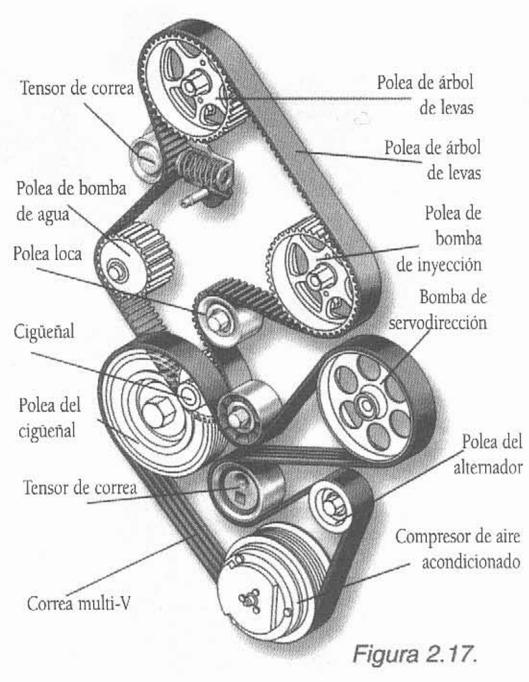


Figura 2.17.

3.3.1. Estructura interna de la correa de la distribución

En las figuras 2.18 y 2 19 se ofrece un corte de las correas para ver su interior. Los diseños iniciales de correas de la distribución tenían dientes trapezoidales. La necesidad de satisfacer aplicaciones mas exigentes provocó la aparición de dientes **curvilíneos modificados**.

En la fabricación se utilizó hasta 1985 el Neopreno como material base para recubrir las fibras internas. Hoy se utiliza el **Nitrilo muy saturado** HSN, las correas no parecen diferentes a las de Neopreno, pero son más resistentes y soportan mejor las altas temperatura de trabajo. Una correa puede constar de una o varias estructuras de fibra en V, en las figuras 2.18 y 2.19 se puede ver la colocación de los miembros de **tensión en V**. La correa **multi-V** es más ancha y delgada que una correa en V sencilla y tiene entre tres y seis pestañas.

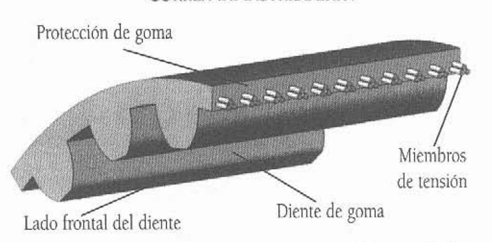


Figura 2.18.

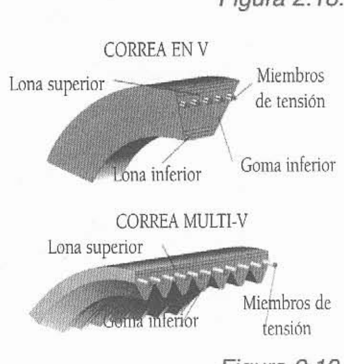
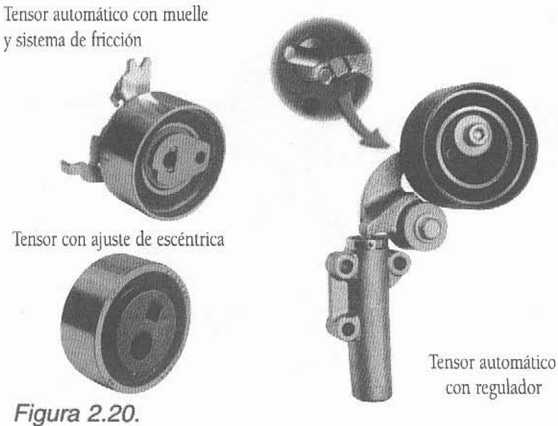


Figura 2.19.

Los fabricantes de automóviles recomiendan el cambio de la bomba de agua y de los tensores al mismo tiempo que la correa de la distribución. La experiencia de muchos técnicos demuestra que la posibilidad de un fallo en la bomba de agua es mucho mayor después de cambiar la correa sin sustituir la bomba:

- El rodamiento de la bomba de agua ha estado funcionando durante el mismo tiempo y tiene una fatiga traducida en desgaste.


Tensor automático con muelle y sistema de fricción

Tensor con ajuste de escéntrica

Tensor automático con regulador

Figura 2.20.

• Al montar la correa nueva aumenta la tensión con respecto a la vieja, las **fuerzas** introducidas a la bomba de agua son mayores siendo mas fácil su avería sobre todo la del eje de la bomba.

• Los tensores y poleas tienen gran importancia en el sistema de la distribución, el ajuste se logra mediante una excéntrica o mediante un muelle que actúa contra una placa trasera (Fig. 2.20).

• **El tensor automático de correa**, con su muelle y sistema de fricción mantiene una tensión constante en la correa mientras el motor está en funcionamiento (Fig. 2.21).

• **La polea loca** permite un buen deslizamiento de la correa (Fig. 2.22).

• **Las pestañas** de la correa loca guían el perfil de la correa (Fig.2.23).

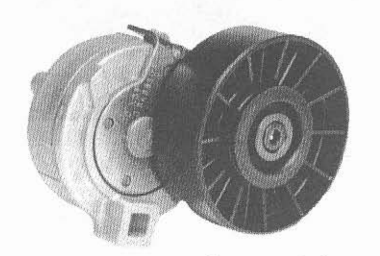
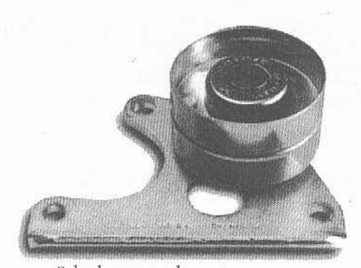

Tensor automático con muelle y sistema de fricción

Figura 2.21.

Existen **Kits** de reposición en el mercado con correa, poleas y tensores apropiados para cada modelo de motor.


Polea loca con palanca trasera

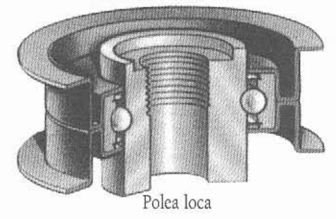
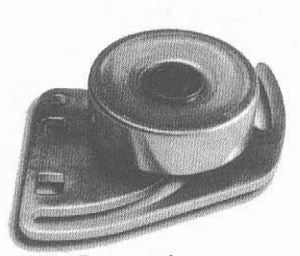

Polea loca

Figura 2.22.


Tensor con placa trasera


Polea loca con multi-V

Figura 2.23.

3.4. Sistema de distribución variable

Los motores con 4 válvulas por cilindro son en la actualidad adoptados por los fabricantes de automóviles. Las válvulas de Admisión influyen de forma notable en el rendimiento del motor, de su momento de apertura y cierre va a depender que el llenado del cilindro sea el mas conveniente. Las válvulas de Escape tienen menos influencia, debido a que es el pistón quien empuja los gases hacia la salida.

Cuando el motor gira, la succión de los pistones provoca la aspiración de la mezcla que comienza a entrar en los cilindros cuando se abre la válvula de Admisión, en los motores antiguos existía un cierto AAA, ya hemos indicado en la explicación del ciclo práctico del motor que los fabricantes de motores, en la actualidad, incluso retrasan el momento de apertura existiendo un RAA, para que el aire de la Admisión comience a entrar en el motor cuando el pistón ha pasado el PMS bajando, la velocidad en el PMS es nula y favorece el llenado del cilindro si la válvula se abre cuando el pistón lleva cierta velocidad.

Los efectos no son iguales a bajas y a altas revoluciones del motor, conviene que la válvula de Admisión se abra antes, a bajas revoluciones, donde la succión no es muy intensa, y que se abra después, a altas revoluciones, para que entre la mezcla cuando el pistón baja cuyo movimiento acelera la velocidad de la misma, eliminándose además el solape con la válvula de escape evitándose pérdidas de mezcla.

Existen distribuciones variables, mecanismos como el de la figura 2.24. La correa de la distribución mueve la válvula de escape y mediante una cadena independiente el piñón que acciona la leva de escape, acciona la leva de admisión, mediante tensor hidráulico accionado por la presión de aceite de motor. Durante la mezcla del motor a pocas revoluciones, la fuerza del muelle del tensor tiene "tensa" la cadena y la transmisión de las levas de escape y admisión se hace sin variaciones.

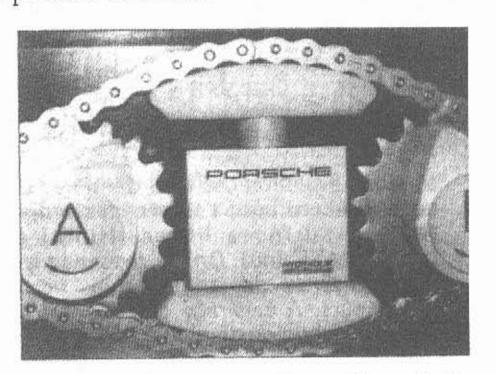


Figura 2.24.

Cuando aumentan las revoluciones, el aceite a presión "tira" del tensor hacia abajo produciendo un desfase entre los piñones que actúan sobre las levas de admisión y escape. En la figura 2.25, se ve el conjunto montado.

Para hacernos idea de las variaciones, Toyota tiene en la válvula de admisión, entre un AAA de 12° y un retraso de la apertura de la misma RAA de 48°. Con el variador de la distribución las cotas oscilan entre estos extremos. Se permite que la válvula de admisión pueda abrir 12° antes del PMS o 48° después del PMS, lo que conviene para velocidades altas del motor.

Asímismo el cierre puede producirse con un ACA (avance al cierre de la admisión) de 52° antes del PMI; variando a 8° después del PMI, RCA (retraso al cierre de la admisión).

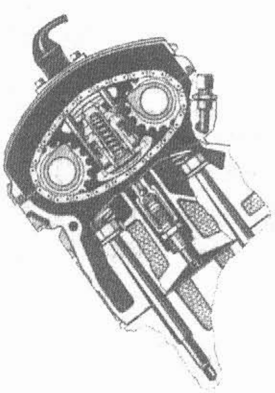


Figura 2.25.

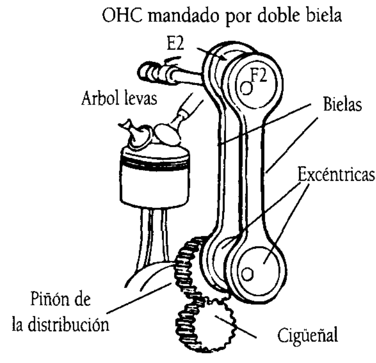


Figura 2.26-1.

3.5. Otros sistemas de mando

También se ha usado en el NSU-Prinz (Fig.2.26-1), el *mando por dos bielas*, movidas desde el piñón de la distribución (para que gire a mitad de revoluciones que el cigüeñal), mediante excéntricas caladas a 90°, con objeto de que no haya puntos muertos en la transmisión del movimiento; los otros extremos están articulados a la pareja de excéntricas repetidas E2 y F2, que giran con el árbol de levas.

4. DISPOSICION DE LAS VALVULAS EN EL CILINDRO

Las válvulas pueden disponerse de varias maneras respecto al cilindro, pero fundamentalmente son dos: *laterales*, o en *culata* y situado una en culata, normalmente la de admisión y otra lateral, la de escape.

4.1. Válvulas laterales (SV)

Si la disposición es con válvulas laterales, no se colocan ya una a cada lado del cilindro como hace muchos años, sino que cada cilindro tiene sus dos válvulas al mismo lado (Fig.2.26-2), disposición conocida por *SV o culata en "L"*; se usa un sólo árbol de levas, cuyos cojinetes están en el cárter superior (Fig.2.1). En realidad son motores de proyecto antiguo que, por haber dado buen resultado mecánico y haberles podido mejorar el rendimiento, se conservan en fabricación todavía. El sistema tiene el inconveniente de que la colocación de las válvulas a un costado del bloque, obliga a desplazar la cámara de compresión a un lado siendo la culata de forma mas complicada, habiendo mas pérdidas de calor por las paredes.

4.2. Válvulas en cabeza (OHV), o en culata (OHC)

La práctica totalidad de la producción actual emplea las válvulas en cabeza o en culata (Fig.2.26-2). Pueden ser mandadas desde un árbol de levas en el cárter superior, mediante largos empujadores y balancines, basculando en un eje. Esta disposición se la conoce como *OHV*. También puede estar el árbol de levas en la culata *OHC*.

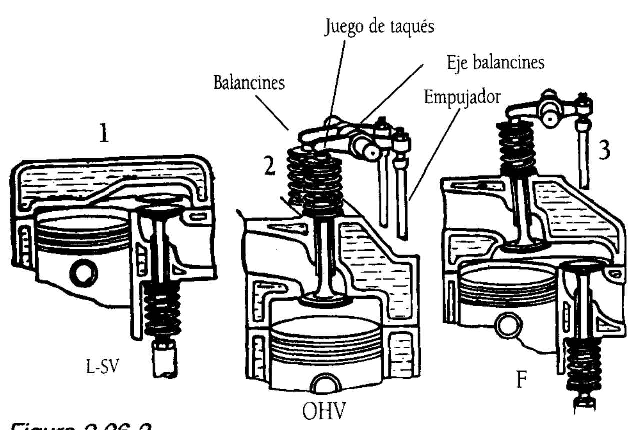


Figura 2.26-2.

4.2.1. Mando de válvulas en cabeza (OHV)

Disposición muy extendida con árbol de levas en el bloque y válvulas en culata, (Fig.2.27), las levas mueven los taqués y éstos las varillas empujadoras, que a su vez mueven un balancín basculante en su eje, que actúa sobre la cola de la válvula, el reglaje de taqués se hace sobre el tornillo del balancín que toca en la varilla empujadora, el juego existe entre el extremo del balancín y la cola de la válvula.

El mando de las válvulas en cabeza (*inclinadas en culatas hemisféricas*), puede hacerse con un sólo árbol de levas colocado en el cárter, (OHV) mediante balancines que oscilan hacia lados opuestos sobre dos ejes (Fig.2.28): el árbol de levas está, como en todos los OHV, en el cárter a la altura de los cilindros; un empujador E oscila el balancín B hacia la izquierda en el eje de balancines O y manda la válvula de ese lado; el otro empujador "e", por el balancín "b" (que empuja en el eje Q hacia la derecha), manda la válvula de este lado. La bujía, en el centro de la cámara de explosión, se alcanza por el fondo del tubo T.

4.2.2. Mando de válvulas en culata (OHC)

En la actualidad la mayoría de los motores llevan este sistema de mando, con válvulas en culata y uno o dos árboles de levas, también en culata.

Cuando existe un solo árbol de levas, puede mandar las válvulas directamente con interposición de unas **lengüetas**, que amplifican el levantamiento producido por la leva y permiten que el árbol no

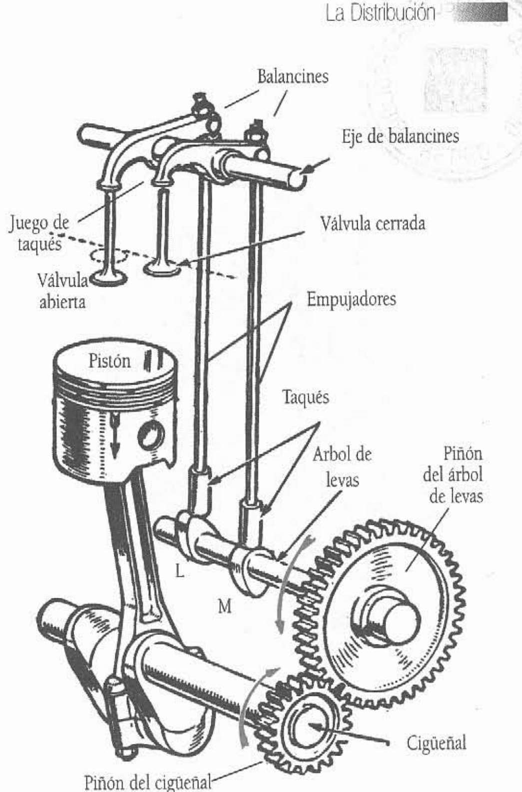
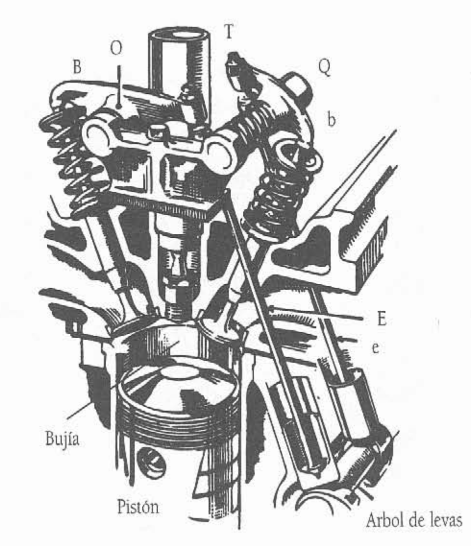


Figura 2.27.



Válvulas inclinadas mandadas por balancines (Peugeot, Chrysler, etc.)

Figura 2.28.

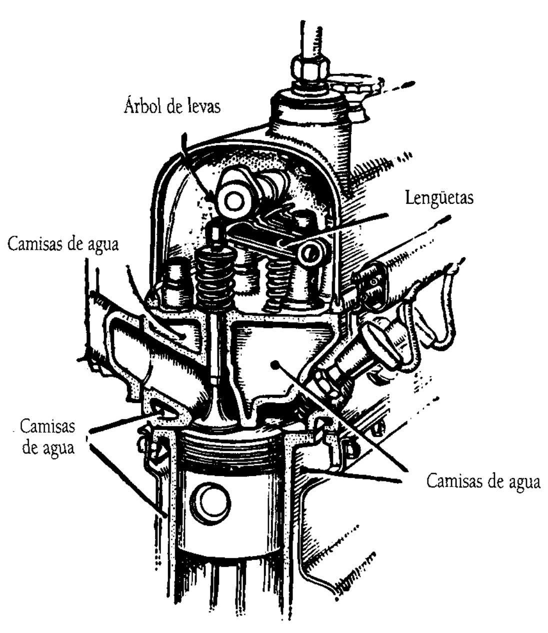


Figura 2.29.

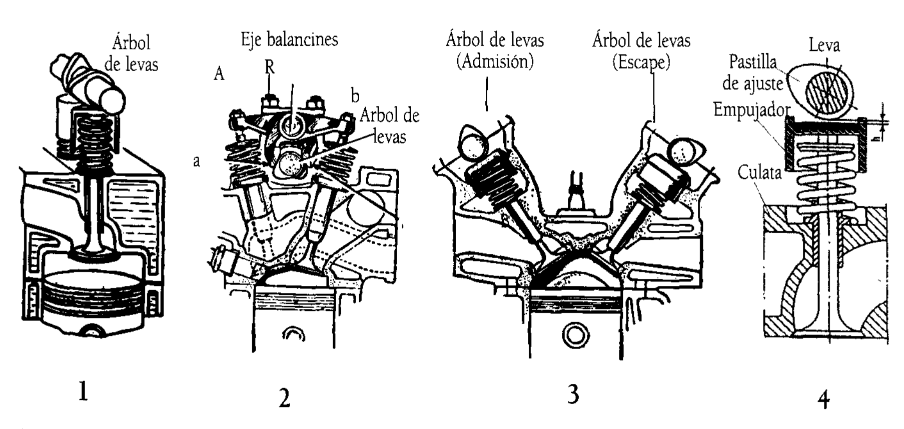
tenga que estar precisamente encima de las válvulas, (Fig. 2.29).

El mando puede realizarse **directo** con la interposición de una **pastilla** que deja el juego de taqués entre leva y pastilla, (Fig.2.30-4).

En el detalle 2 de la figura 2.30, el árbol de levas mueve unos "**balancines oscilantes**" para llegar a las dos válvulas colocadas en dos filas. El juego de taqués se regula en el balancín oscilante.

En cámaras de compresión esféricas que obliga a separar mucho las válvulas, se emplean dos árboles de levas, actuando uno para cada hilera de válvulas con interposición de pastillas.

En el detalle 2 de la figura 2.30, el mando se hace por intermedio de balancines AB, "ab", que oscilan en su eje, balancines oscilantes. Con esta disposición, las válvulas pueden estar inclinadas siguiendo la forma bombeada de la cámara de explosión, en vez de estar alineadas en fila como las del detalle 1. Si la inclinación de las válvulas es muy grande, como en 3 (caso de culatas con fondos hemisféricos, que son de gran rendimiento), o cuando se emplean 4 válvulas por cilindro (Fig.2.31), llegan a usarse dos árboles de levas; uno para las válvulas de admisión y otro para las de escape. (Mercedes, Porsche, Jaguar, Alfa-Romeo y otros).



Árboles de levas en cabeza. (OHC).

Figura 2.30.

4.2.3. Culatas en cuña

En 1958 aparecieron y se han extendido las *culatas en cuña* (Fig.2.32) con sus caras de asiento planas y apoyando oblicuas sobre el bloque de cilindros. La cámara de explosión no se forma en un hueco de la culata, como se veía en las figuras anteriores, sino entre los salientes de la cabeza del pistón, la pared del cilindro y la culata lisa. De esta forma, como las relaciones de compresión son ahora muy altas, las cámaras de explosión tienen que ser pequeñas, y formadas así, pueden hacerse con seguridad iguales las de todos los cilindros.

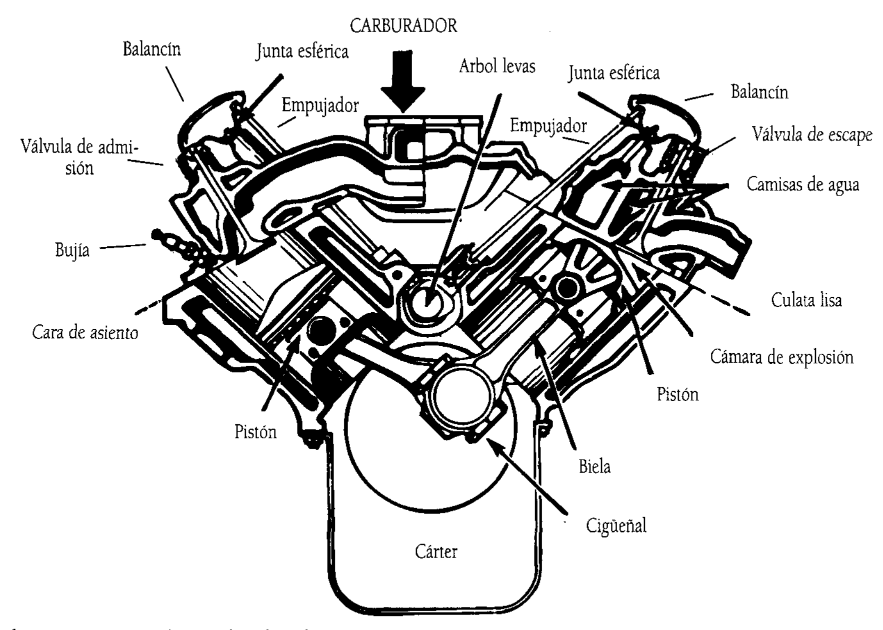
En la figura 2.32, el árbol de levas mueve los empujadores; los balancines no giran en su eje, sino sobre apoyos o juntas esféricas, como se detalla en la figura 2.33; las válvulas de admisión y de escape están más o menos en línea, siendo las primeras más grandes que las segundas; como la culata es oblicua, la parte que tapa el cilindro es mayor, y por tanto pueden ser más grandes las válvulas, los conductos de admisión y escape, y las camisas de agua que enfrían a las caldeadas válvulas de escape; las bujías quedan también más accesibles.



Figura 2.31.

4.3. Sistema mixto: Válvulas o culata en "F"

Hay un sistema mixto: el llamado de válvulas o culata en "F" (Fig.2.26-3), con la válvula de admisión en cabeza y la de escape lateral. Fue usado por Rolls-Royce hasta 1960, pero ahora sólo queda en algunos tipos de Rover y de Willys (Jeep).



Culatas OHV en cuña (motor de ocho cilindros enV).

Figura 2.32.

5. COMPARACIÓN ENTRE CÁMARAS DE COMBUSTIÓN

Comparando las cámaras de combustión (Fig.2.33), de los motores con válvulas laterales (SV) y en cabeza (OHV, que para esto es lo mismo que el OHC), se ve bien claro que con las laterales se necesita un ensanchamiento al costado y, por tanto, que las válvulas no puedan ser tan grandes como las del OHV, y que se haga más difícil poder aumentar la relación de compresión.

La superficie de las paredes de la cámara Y resulta grande, de modo que el calor se comunica fácilmente a la mezcla fresca entrante, la dilata y reduce su densidad (entra menos cantidad de gasolina y aire). Por el contrario, las válvulas en cabeza pueden ser de mayor diámetro porque hay más sitio sin tener que ampliar la cámara K, y ésta resulta recogida y compacta; en cualquier caso tiene menos superficie de paredes y los gases frescos se calientan y dilatan menos al entrar, por lo que su densidad no se reduce tanto.



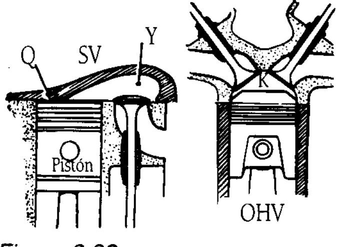


Figura 2.33.

La "respiración" y el llenado son, pues, mejores y la cámara K puede tener una posición más recogida que la Y, en una posición más centrada, más apta para conseguir una fuerte compresión y que se propague bien el encendido de la mezcla (sin detonación). Por tanto, el rendimiento puede ser más elevado, o sea, mayor potencia con menor consumo.

Un remedio para los inconvenientes de SV lo ideó el ingeniero inglés Ricardo con la culata que lleva su nombre; es la representada en la figura 2.33., con la parte Q de la culata al ras del pistón en el PMS, de forma que los gases comprimidos y ahí "aplastados", son removidos hacia Y en rápido torbellino, lo que facilita la propagación de la llama (menos detonación y, por tanto, una posible mayor compresión en la cámara del tipo Y[1].

Pero este paliativo sólo hizo supervivir las válvulas laterales hasta apenas los años cincuenta. Además, la limpieza de carbonilla y repaso de las válvulas, se hace más espaciadamente en las OHV que en las válvulas laterales.

Atendiendo a las dimensiones o formas de los cilindros, fue durante muchos años norma general que la carrera fuese mayor (hasta vez y media o más) que el calibre, o sea, que se usaban cilindros alargados L (Fig.2.34).

Influían en parte las fórmulas fiscales de varios países productores, que tarifaban los impuestos en función del diámetro del cilindro, sin tener en cuenta la carrera; de manera que, para el mismo tributo se conseguía más potencia práctica, alargando el recorrido del pistón.

La razón principal estaba en que a los motores de válvulas laterales, con culata en L, les convenía una carrera larga para que la relación de compresión pudiera ser elevada. Al perfeccionarse e imponerse el mando de las válvulas en cabeza, así como la desaparición (después de la última guerra mundial) de alguna de aquellas fórmulas fiscales, la tendencia fue usar cilindros cada vez más anchos y cortos (Fig.2.34-A) hasta llegar a los "cuadrados", igual diámetro que carrera, y a los "supercuadrados", chatos o apaisados, con calibre mayor que el recorrido del émbolo.

Figura 2.34.

Las ventajas que se consiguen (véase la comparación gráfica de la figura 2.34) son: motores más bajos, que permiten disminuir la altura del capó, en beneficio de la mayor visibilidad; cigüeñal con los codos menos salientes, o sea, más rápido y de menos peso; bielas más cortas y resistentes; menor velocidad del pistón en su movimiento alternativo, para el mismo número de revoluciones y, por tanto, menor desgaste y menores pérdidas por frotamiento, y

también por calentamiento, ya que la superficie a refrigerar es menor, con lo que el radiador puede ser más pequeño; y por último, como el ancho del cilindro es mayor, las válvulas pueden ser más grandes, mejorando el llenado y vaciado de gases (buena "respiración"). Todo ello en beneficio del consumo de gasolina y de la duración del motor.

Las desventajas que pueden reprocharse a los motores de carrera corta son: que a bajo régimen de giro, como el paso de gases es más amplio, la velocidad de entrada es menor, con menos fuerza viva, y el llenado se perjudica, por lo que en giro lento dan menos potencia y el motor no puede "apurarse" como en los de carrera larga; y que el pistón pesa más, aunque siendo de aluminio, este inconveniente tenga menos importancia que si fuese de fundición.

Los valores corrientes en la actualidad son entre 0,9 y 1,1 (motores prácticamente cuadrados), aunque existen casos de 1,5 (Ford Sierra) y otros en cambio de 0,72 (Renault- 4).

6. SALIDA DE LOS GASES QUEMADOS

Los gases quemados en todos los cilindros concurren al colector de escape, y por el tubo de escape pasan al *silenciador o silencioso* para ser evacuados al aire libre. El ruido que se produce, en el choque de los gases quemados con el aire exterior, se reduce por el silencioso, que les resta velocidad y fuerza de una manera gradual, desde la tubería hasta el punto de expulsión a la atmósfera; esto se consigue aumentando el recorrido y el espacio que van ocupando los gases, por medio de divisiones o tabiques perforados, que permiten su dilatación suavemente, saliendo al aire libre de modo continuo y ya a poca presión.

Las disposiciones interiores son muy variadas, pero ya han dejado de ser elementos secundarios construidos a capricho, pues se han convertido en órganos estudiados por una técnica compleja con objeto de obtener el máximo silencio con la mínima pérdida de potencia a todas las velocidades y cargas del motor. Por eso, en algunos automóviles, el silenciador se desdobla en dos unidades.

Por todo ello, para que un silencioso ofrezca un buen rendimiento, es preciso que sea de buena calidad; larga duración y mejores aislamientos de ruido y calor por medio de una doble pared (revestimiento de aluminio a ambos lados) y con una capa de fibras; protección anticorrosiva fiable por medio del revestimiento de aluminio no sólo a ambos lados, sino también a los fondos intermedios y a los tubos perforados; y elevada hermeticidad de unión de los materiales mediante un doble pliegue (Fig.2.35).

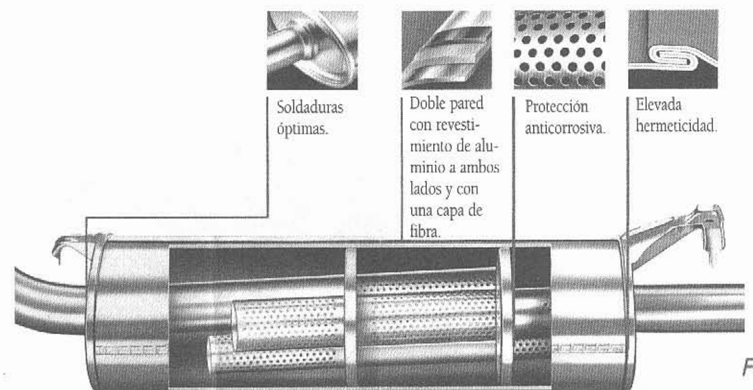


Figura 2.35.

Algunos automóviles antiguos, disponían en la tubería de una *válvula de escape libre* para que la evacuación se efectuase sin que los gases pasasen por el silencioso. El empleo del escape libre o semilibre no reporta ventaja apreciable alguna a la potencia útil del motor, y en cambio, ocasiona molestias a los ocupantes y a los transeúntes; además, no permitiría oír al conductor las peticiones de paso que le hagan otros vehículos más rápidos, con las molestias y peligros consiguientes. La Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, prohibe su uso.

Manta cerámica
Una manta cerámica conjuntamente con cuerpo protector metálico e-quipan al catalizador para sujetar el monolito cerámico de forma eficaz en cualquier circunstancia y protegerlo. Además la manta es utilizada para evitar la disipación de calor al exterior y prevenir que gases no purificados escapen a través del monolito.

Cuerpo de acero inoxidable
Está dotado de un cuerpo de acero inoxidable con el fin de hacer al catalizador lo más duradero posible.

Monolito cerámico
En el interior existe un monolito con 62 microceldillas por cm², recubiertos con metales preciosos (platino y rodio) con el fin de convertir los gases contaminantes en inocuos.

Extremos cónicos en el cuerpo
Está dotado de unos extremos cónicos para mejorar la distribución de los gases del escape en el monolito y optimizar la eficacia de la catalisis.

Alojamiento para la sonda lambda
Está dotado de un alojamiento para montar el sensor de oxígeno o sonda lambda.

Anillo sellante de acero inoxidable
Un anillo sellante de acero inoxidable protege la manta cerámica contra la alta presión y las temperaturas de los gases que fluyen en el interior.

Protector contra calor
Un protector especial contra el calor recubre tanto la parte inferior como la parte superior del catalizador para prevenir la radiación de excesiva temperatura.

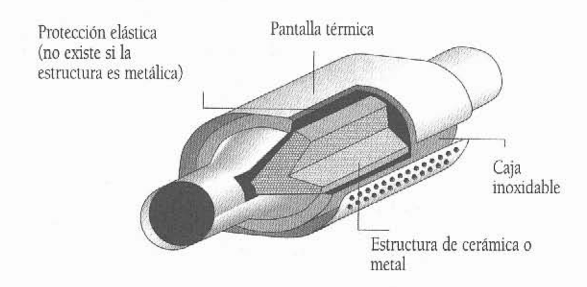


Figura 2.36.

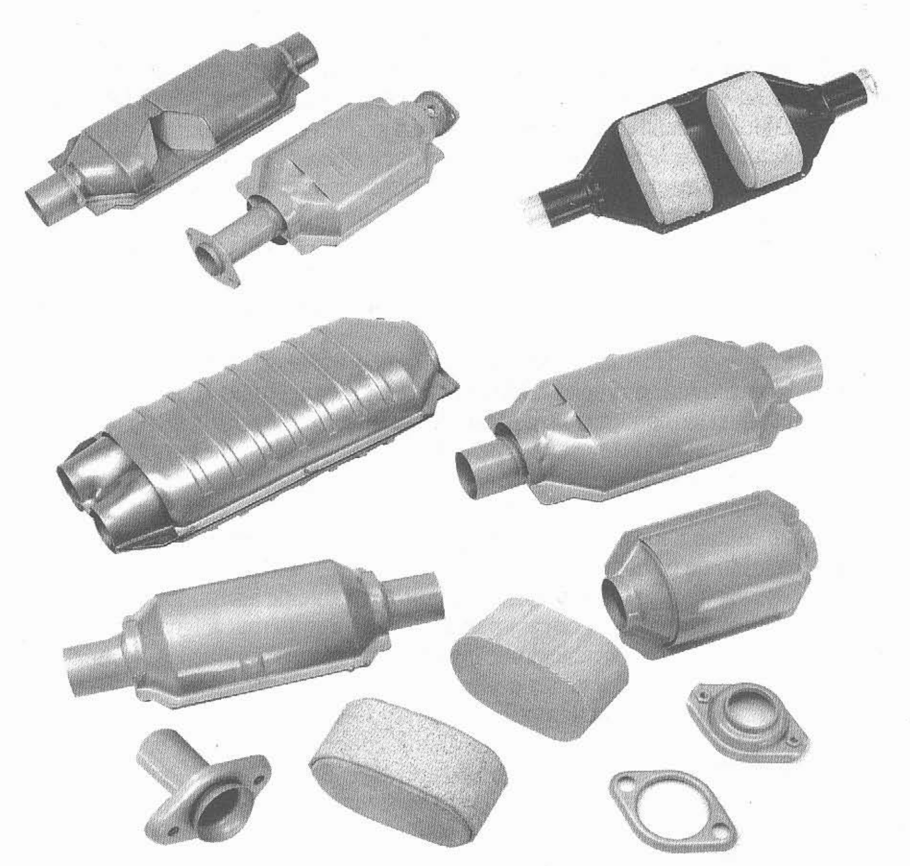


Figura 2.37.

6.1. Los catalizadores

Como se explicará más adelante en el capítulo de "la Carburación", como resultado de la combustión interna de un motor de gasolina, los gases de escape contienen componentes, como nitrógeno, dióxido de carbono, y vapor de agua (hidrógeno y oxígeno), que son inofensivos. Pero, dependiendo de las condiciones de funcionamiento del motor, también se pueden formar, monóxido de carbono (CO), hidrocarburos sin quemar (HC), cuando la mezcla aire-gasolina es "rica" (es decir, con mayor cantidad de gasolina de la debida), óxido de nitrógeno (NO), cuando la mezcla es "pobre" (mayor cantidad de aire de la debida) y plomo, que son nocivos.

La existencia de elementos nocivos contaminantes, en los gases de escape de los automóviles, es consecuencia del resultado de una combustión imperfecta, ya que un motor ideal que funcionara en perfectas condiciones, solamente produciría vapor de agua (H_2O) y dióxido de carbono.

Estos gases son nocivos para la salud y por tanto su contaminación ha de ser controlada. Por eso, en los países más avanzados las emisiones de los gases de escape están reglamentadas para evitar que se viertan valores elevados de gases contaminantes a la atmósfera.

Uno de los sistemas que se ha revelado como más eficiente para reducir esta emisión de gases perjudiciales, es mediante el empleo de los convertidores catalíticos o catalizadores(2), en los que se "queman" los gases de escape contaminantes, reduciéndolos en más de un 75 por 100, a elementos inofensivos.

El catalizador tiene como misión disminuir los elementos polucionantes contenidos en los gases de escape de un vehículo mediante la técnica de la catálisis. Se trata de un dispositivo (Fig.2.36), que se monta en el tubo de escape, inmediatamente después del colector de escape, ya que ahí los gases mantienen una temperatura elevada. Esta energía calorífica pasa al catalizador y eleva su propia temperatura, circunstancia indispensable para que este dispositivo tenga un óptimo rendimiento, que se alcanza entre los 400 y 700 grados centígrados.

Interiormente contiene un soporte cerámico o monolito, de forma ovalada o cilíndrica, con una estructura de múltiples celdillas en forma de panal (unas 70 por cm^2), que permite una amplia extensión de contacto para los gases de escape. Su superficie está recubierta de una sustancia activa (resina), a base de platino y paladio (que permiten la función de oxidación), así como de rodio (que interviene en la reducción); es decir, inician y aceleran las reacciones químicas entre otras sustancias con las que no entran en contacto, de tal modo que oxidan a los gases de escape y los transforman en elementos inocuos como nitrógeno, dióxido de carbono y agua.

En su exterior (Fig.2.37), el catalizador es un recipiente de acero inoxidable, que frecuentemente va provisto de una carcasa-pantalla metálica antitérmica, igualmente inoxidable, que protege los bajos del vehículo de las altas temperaturas que se alcanzan.

La eficacia del catalizador depende de que la relación estequiométrica (mezcla de aire/gasolina) sea lo más constante posible.

6.1.1. Tipos de catalizadores

Según el sistema de funcionamiento, los catalizadores pueden ser de tres tipos:

- Catalizador oxidante: Es el más sencillo y barato. Dispone de un sólo soporte cerámico que permite la oxidación del monóxido de carbono y de los hidrocarburos.
- Catalizador de dos vías: También llamados de oxidación, de doble efecto, o de doble cuerpo, son en realidad un doble catalizador de oxidación con toma intermedia de aire. El primer cuerpo actúa sobre los gases ricos del escape, reduciendo al óxido de nitrógeno, mientras que el segundo lo hace sobre los gases empobrecidos gracias a la toma intermedia de aire, reduciendo el monóxido de carbono y los hidrocarburos.
- Catalizador de tres vías: Son los más complejos, sofisticados y caros (siendo en la actualidad los más usados), y su evolución tecnológica ha desbancado a los llamados catalizadores de doble cuerpo en los que la oxidación de los gases contaminantes era incompleta. Los catalizadores de este tipo se llaman de tres vías, porque en ellos se reducen simultáneamente los tres elementos nocivos más importantes: monóxido de carbono, hidrocarburos y óxido de nitrógeno.

Su mayor eficacia depende, como ya se ha dicho, de la mezcla de los gases de admisión. Para que funcionen perfectamente los catalizadores de tres vías, es preciso que la mezcla aire-gasolina tenga la adecuada composición óptima (es decir, que se mezclen 14,7 Kg. de aire por 1 Kg. de gasolina).

Es, por tanto, necesario un dispositivo que controle la composición de la mezcla. Este dispositivo es la *sonda lambda*, que efectúa correcciones constantes sobre la mezcla inicial de aire y combustible, según el valor de la concentración de oxígeno medida en el escape.

Una de las normas más importantes que debe seguir el conductor de un automóvil equipado con catalizador, es usar gasolina sin plomo, pues una pequeña cantidad del mismo al paso por las celdillas del catalizador, se iría depositando sobre la sustancia activa, acabando por inutilizarla en poco tiempo. Otras normas que deben observarse, son: *comprobar con frecuencia la puesta a punto del motor y del encendido, verificar con asiduidad el consumo de aceite, evitar agotar en exceso el nivel de combustible, golpear los* bajos del vehículo y no arrancar el motor, cuando está caliente, empujando el vehículo o insistiendo excesivamente con el contacto.

6.2. La sonda lambda

La sonda lambda(3) es un dispositivo que va montado en el tubo de escape antes del catalizador, que recibe datos de la configuración de los gases de escape y, en función de su lectura, ordena a la inyección las modificaciones necesarias para mantener la relación en su grado óptimo.

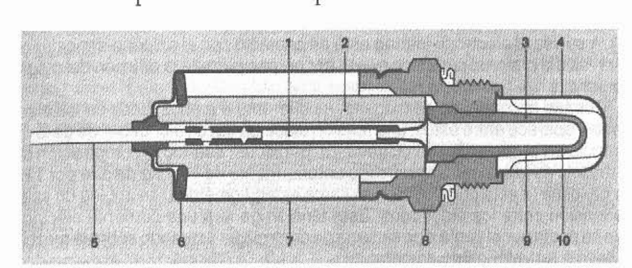
Consta esencialmente de un cuerpo especial cerámico cuyas superficies han sido dotadas de electrodos de platino permeables a los gases. Ésta se monta (Fig.2.38), de manera que la corriente de gases bañen su electrodo externo. A su vez el electrodo interno está en contacto con el oxígeno atmosférico a través del material cerámico, que al ser poroso permite la difusión del oxígeno del aire.

La efectividad de la sonda se basa en que el material cerámico es poroso, lo que permite la difusión del oxígeno del aire (electrolito sólido). La cerámica se hace conductora a elevadas temperaturas.

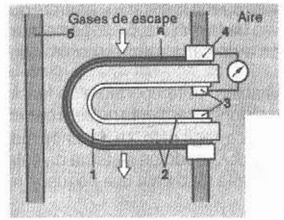
Cuando el contenido de oxígeno, es diferente a ambos lados de los electrodos, aparece entre ellos, una tensión eléctrica cuyo valor depende de la diferencia en el contenido de oxígeno. En particular, cuando la composición de la mezcla, llamada *estequiométrica*, es de 14,7 Kg. de aire por 1 Kg. de gasolina (de Lambda = 1,00) se origina un salto de tensión entre los electrodos. Esta tensión genera una corriente eléctrica que se envía por el cable a un sistema de control, que al actuar sobre la mezcla, la lleva a su valor estequiométrico, representando la señal de medición.

Por tanto, la función del catalizador de tres vías puede realizarse, siempre que el automóvil disponga de un control electrónico de la mezcla. Es especialmente idóneo para motores dotados de bomba de inyección (sistema K-Jetronic) o de carburadores controlados electrónicamente.

Para que las medidas de la sonda sean fiables, su temperatura de funcionamiento ha de ser de unos 350°C, por lo que su funcionamiento no será correcto para el arranque y la marcha al ralentí. Para corregir este problema, se ha empezado a emplear actualmente una sonda que lleva incorporado un sistema de calefacción, en la que el elemento cerámico se calienta mediante una pequeña resistencia eléctrica.



Sonda lambda. 1 Parte de contacto. 2 cerámica protectora. 3 cerámica de la sonda. 4 tubo protector (lado de gases). 5 conexión eléctrica. 6 arandela Belleville. 7 casquillo protector (lado del aire). 8 carcasa (-). 9 electrodo externo (-). 10 electrodo (+).



Disposición de la sonda lambda en el tubo de esace (esquema). 1 cerámica de la sonda. 2 electrodos. 3 contacto. 4 contacto con la carcasa. 5 tubo de escape. 6 capa protectora de cerámica (porosa).

Figura 2.38.

7. REGLAJES DE LA DISTRIBUCIÓN

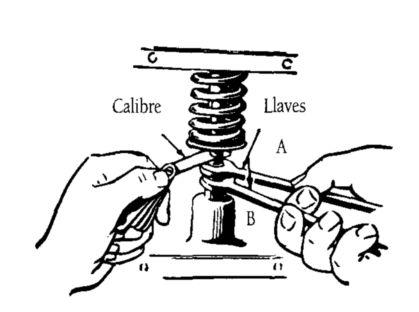
En el sistema de la Distribución se pueden diferenciar dos reglajes a efectuar:
- El Reglaje de "**taqués**"
- La puesta a punto de la distribución.

7.1. Reglaje de Taqués

Consiste en dejar un huelgo entre la cola de la válvula y el elemento que la empuja, según los sistemas descritos con anterioridad. Ello es debido al alargamiento que experimenta la válvula con el motor caliente por su dilatación, que de no existir el huelgo se quedaría **abierta** la misma al dilatarse. El juego es indicado por el fabricante, si es **mayor** las válvulas estarán menos tiempo abiertas perdiéndose posibilidades de llenado de mezcla, por otra parte el ruido que se produce al golpear la cola de la válvula aumentará. Si el juego es **menor**, la válvula al dilatarse no cerrará bien en su asiento quedando **abierta**, anulándose la compresión en el cilindro.

El reglaje de taqués debe efectuarse con el motor **frío** y lógicamente parado.

Con válvulas laterales el reglaje se efectúa entre la cola de la válvula y el taqué, ajustando la tuerca que regula su longitud A y fijando la contratuerca B una vez conseguido el juego apropiado, siempre marcado por el fabricante y medido con un juego de galgas o calibre, (Fig. 2.39).



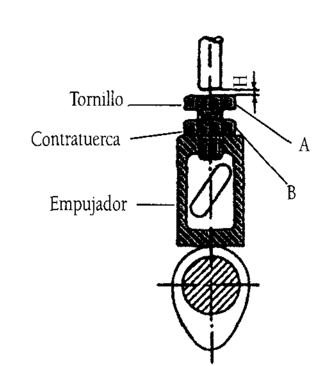


Figura 2.39.

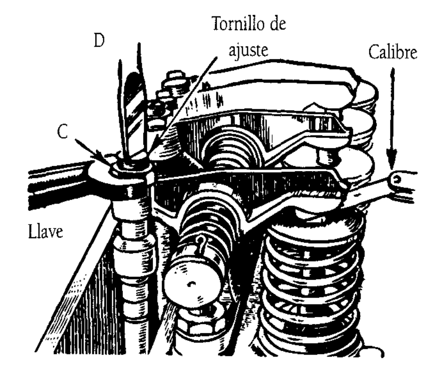


Figura 2.40.

Con válvulas en cabeza mandadas por balancines (Fig.2.40), una llave afloja un poco la tuerca C, mientras que con el destornillador D se gira el tornillo de ajuste, el cual se deja fijo, apretando de nuevo la tuerca C.

En la figura 2.41 tenemos otro modelo de balancín, el mismo oscila sobre una junta esférica que apoya en un vástago inserto en la culata, no existe eje de balancines. El reglaje se efectúa con una llave de tubo actuando sobre la tuerca marcada, sin que exista contratuerca, el apriete se consigue debido a la conicidad del tornillo.

Con válvulas en cabeza y árbol de levas en culata, en el caso de que el mando se haga con balancines oscilantes, (Fig. 2.30-2), se actúa sobre la tuerca R del balancín, dejando el juego entre la cola de la válvula y el mismo.

Cuando el mando es **directo**, sin balancín, entre la leva y la cola de la válvula se interpone un **disco** o pastilla que tiene un espesor adecuado para que el huelgo H, (Fig.2.39.) sea correcto. El fabricante tiene un juego de pastillas o discos para elegir el adecuado.

Con válvulas en cabeza y dos árboles de levas se emplea este mismo procedimiento de discos (Fig.2.42), el cambio de los discos se hace con un útil del fabricante que se aplica al árbol de levas para comprimir los empujadores y así poder sustituir las pastillas. (Fig. 2.43)

Existen taqués autorregulables mecánicos.

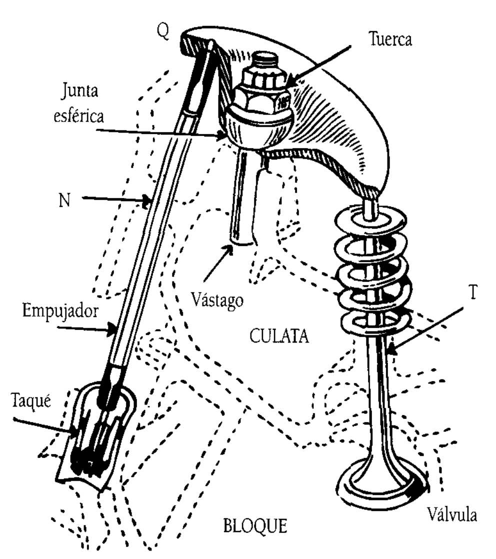
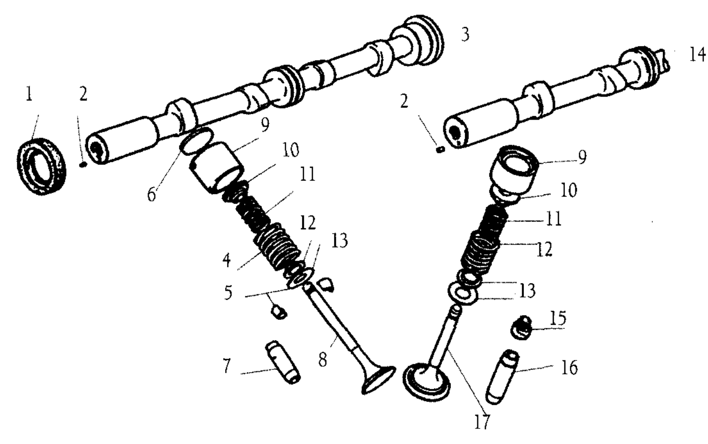


Figura 2.41.

Los taqués hidráulicos ya estudiados (Fig.2.7) son autoregulables y no precisan de ningún ajuste.

Para hacer silencioso el funcionamiento de los taqués, sin recurrir al mando hidráulico, el grupo Ford ha empezado a usar unos balancines que, montados sobre un eje clásico, llevan en la punta una excéntrica oscilante interpuesta ante la cola de la válvula. Un émbolo buzo o pistón, es empujado por su resorte hacia la parte más saliente de la excéntrica o leva, y así, con la válvula cerrada (dibujo 1), se absorbe el huelgo que debe haber entre la válvula y la punta del balancín.



1. Retén de salida delantera del árbol de levas.
2. Tetones de arrastre y posición de las ruedas de los árboles de levas.
3. Árbol de levas de las válvulas de escape.
4. Muelles exeteriores de válvulas.
5. Semi-conos de sujección (chavetas).
6. Pastilla de reglaje del juego entre levas y empujadores.
7. Guía de válvula de escape.
8. Válvula de escape.
9. Empujadores.
10. Platillos superiores de guía de muelles.
11. Muelles interiores.
12. Platillos interiores de guía de muelles.
13. Arandelas de apoyo de los platillos inferiores.
14. Árbol de levas de las válvulas de admisión.
15. Capuchón de goma para la retención de aceite.
16. Guía de válvula de admisión.
17. Válvula de admisión.

Figura 2.42.

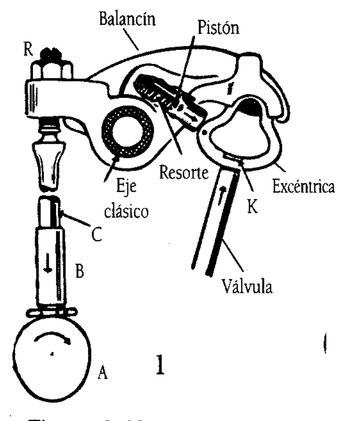


Figura 2.43.

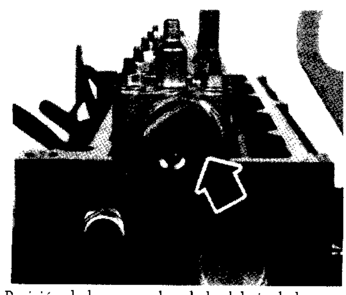
Cuando la leva A sube al empujador (dibujo 2) y gira al balancín sobre su eje, antes de vencer la fuerza del muelle de la válvula, la excéntrica resbala sobre la cola de ésta y mete en su alojamiento al pistón.

El funcionamiento conseguido así, es silencioso y suave, pues el huelgo que absorbía el mando hidráulico, aquí lo hace el sencillo mecanismo del pistón; pero hay que ajustar esa holgura al valor debido. Para ello, a motor parado y con la válvula cerrada (dibujo 1), se empuja la excéntrica contra el émbolo-buzo, venciendo su muelle; luego se actúa en R hasta que desaparezca toda holgura entre la válvula y la excéntrica y se sostenga el pistón hundido; entonces se gira poco a poco el tornillo de R permitiendo que el pistón salga y la excéntrica se deslice hasta que su marca K se coloque centrada sobre el vástago de la válvula; por último, se aprieta la tuerca de R. No hace falta calibre.

7.2. Puesta a punto de la distribución

En la actualidad se utilizan los sistemas de Distribución con mando por correa dentada de compuestos derivados del caucho a base de fibras, la cadena de la distribución mueve el ó los árboles de levas además de la bomba de inyección y en muchos casos la bomba de vacío que manda la dirección asistida, como se verá en el tema correspondiente. Es necesario una cadena larga que si fuera metálica, sería compleja la adaptación. En la figura 2.44, se puede ver la **colocación y reglaje** de la correa de la distribución del motor **Ford Focus Diesel**. El orden de operaciones es el siguiente:

11. Colocación del motor en posición de calado (PMS del cilindro nº 1), para ello:
    - El cigüeñal se coloca a tope contra un pasador de calado 1 de la figura el cual se instala quitando el tapón de un orificio que lleva el bloque para su instalación.

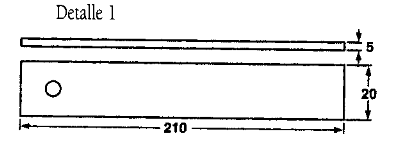


Posición de la ranura de calado del eje de levas

Lave allen

Reglaje de la tensión de la correa de distribución

Detalle 1



Detalle 2

177 M10x1,5 8,5 ø3 ø7 ø14 7,5 34,8 11,8

Figura 2.44.

- Se inmoviliza el árbol de levas por detrás con una regla de calado. Se puede construir con una pletina de 5 mm. De espesor.
- La marca de la rueda dentada de la bomba de inyección se sitúa en la posición de las 12 horas.

12. Conviene poner el rodillo tensor 2 nuevo.
13. Montar la rueda dentada del árbol de levas sin apretar el tornillo de fijación. Asegurarse de que la rueda dentada gira libre.
14. Poner la correa nueva con la parte que está entre las dos poleas, 1 tensada.
15. Girar la excéntrica del rodillo tensor con una llave allen, en sentido antihorario de modo que el ramal de la correa afloje y después tensar, la tensión del ramal se puede medir con un frecuencímetro colocado en 1, que mide la vibración de la misma, colocado en la misma, debe marcar de 145 a 16 Hercios. Si no se dispone de frecuencímetro, el ramal debe estar bien tenso.
16. Apretar el tornillo del tensor sujetando la excéntrica con la llave allen para evitar que gire.
17. Inmovilizar la rueda dentada del árbol de levas sin utilizar la regla de calado.
18. Trazar dos marcas alineadas en la polea del cigüeñal y en el cárter exterior de la distribución.
19. Girar a mano el cigüeñal unas cinco vueltas y media, parando antes del punto de calado.
10. Volver a roscar el pasador de calado del cigüeñal de la figura 2.44-1, y girar hasta llevarlo a tope contra el pasador (la marca de la polea debe estar alineada). La regla (Fig. 2.44-2) debe poder ser introducida en el eje de levas.
11. Si la regla no se introduce bien, aflojar el tornillo de la rueda dentada del árbol de levas y corregir la posición del mismo hasta que se introduzca bien la regla
12. Aflojar el tornillo de fijación del tensor, sujetando la excéntrica y ajustar la tensión de la correa para obtener una frecuencia de vibración de 98 Hercios, apretando el tornillo del tensor después sujetando la excéntrica, con la llave allen.Si no se dispone de frecuenciámetro se proporciona una tensión que nos perezca adecuada.
13. Desmontar la regla y el pasador de calado y poner el tapón del orificio del pasador en el bloque.

Es conveniente al cambiar la correa de la Distribución, ver los datos del manual de instrucciones de la marca del fabricante, porque en cada modelo, varían las referencias dadas.

7.3. Determinación del orden de explosiones

En algunos motores el orden de explosión de los cilindros va grabado en el bloque; normalmente no es así, y si no se sabe hay que determinarlo para poder poner a punto el encendido. Como el orden en que se realizan las explosiones es el mismo que el de las admisiones y el de los escapes, determinando el de cualquiera de estos tiempos, se conocerá el de explosiones buscado.

Una válvula empieza a abrirse cuando el taqué se aplica contra la cola de la misma, y se puede saber cuál es la de admisión y la de escape de cada cilindro recordando que la que primero se abre de las dos, es la de escape, e inmediatamente después la de admisión, permaneciendo luego ambas cerradas durante una vuelta del cigüeñal. En casi todos los motores de cuatro cilindros, las válvulas de admisión A y de escape E se disponen según la figura 2.9, esquematizada en el siguiente cuadro.

CILINDRO 1	CILINDRO 2	CILINDRO 3	CILINDRO 4
EA	AE	EA	AE

Reconocidas todas las válvulas, conviene señalar con una tiza las del mismo género; por ejemplo, todas las de escape.

En los demás motores, de seis o más cilindros, hay que investigar cilindro por cilindro, por el procedimiento general, la clase de cada una de sus dos válvulas, y durante esa operación se van señalando con una tiza todas las que sean de la misma clase(5).

Una vez marcadas todas las válvulas de escape y diferenciadas así claramente de las de admisión, se pasa a determinar el orden de explosiones, viendo cuál es el que siguen para abrirse las válvulas marcadas al dar lentamente vueltas el cigüeñal. Supuesto que se han marcado las de escape, en un motor de cuatro cilindros, después de abrirse la válvula de escape del primero, tiene que abrirse o bien la válvula de escape del tercero o la de escape del segundo, porque los dos únicos órdenes de explosiones posibles son 1-3-4-2, si se abre la del tercero y 1-2-4-3 si se abre la del segundo. En los motores de más cilindros, los ordenes de explosiones pueden ser más variados y hay que seguir una a una la apertura sucesiva de las válvulas, en el grupo que se haya elegido (admisión o escape).

Hay que hacer observar que en el funcionamiento de un motor de cuatro cilindros, si se sigue, por ejemplo, el movimiento de todas las válvulas de escape (y lo mismo ocurre para las de admisión), al cerrarse la del primero se abre la del segundo, al cerrarse ésta se abre la del cuarto y cuando ésta se cierra, se mueve la del tercero; es decir, que a continuación de cerrarse una se abre la que le sigue, según el orden de explosiones (ahora *se ha supuesto que es el 1-2-4-3). En un motor de seis o de ocho cilindros las vál*vulas del mismo nombre no se abren cuando la anterior a ella en el orden de explosiones se ha cerrado, sino estando esta última bastante abierta todavía(6).

Por tanto, para determinar el orden de explosiones de un motor, en general, no debe esperarse a que se esté cerrando una válvula para ver cuál es la de igual nombre que se abre a continuación, sino que hay que fijarse en el orden en que dichas válvulas empiezan a abrirse.

7.4. Reglaje de la distribución

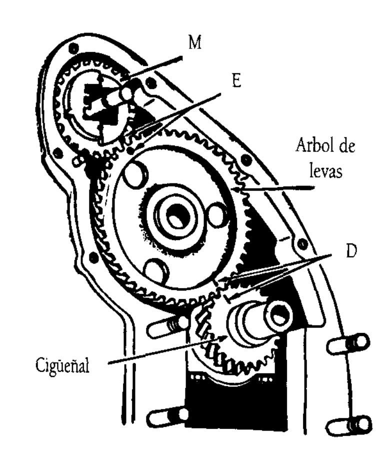


Figura 2.45.

Si la distribución se desmonta, al montarla, los engranajes deben ofrecer entre sí la misma posición que tenían al salir el motor de fábrica. Cuando la distribución es por piñones (Fig.2.45), se hacen coincidir las marcas de punzón D que llevan los dientes del cigüeñal y árbol de levas, señales que traen casi siempre de fábrica. En la figura se ven también las marcas E para el engranaje M con el eje de mando de la magneto (en los pocos vehículos que llevan este tipo de encendido).

Si M moviese la bomba de inyección de un motor Diesel, tendría el mismo diámetro que el del árbol de levas, pues deben girar a la misma velocidad (mitad del motor); y lo mismo ocurriría si, por estar el árbol de levas lejos del cigüeñal, M fuese un piñón y se hubiese colocado otro intermedio D.

En el caso de mandos por cadenas (Fig.2.46), el sistema más usado es el de alinear, enfrentándolas, las señales M de ambos piñones con los ejes de éstos; montada la cadena en esa posición, el movimiento de las válvulas es el previsto por el fabricante. Otro sistema (dibujo 2), es colocar las marcas de modo que entre ellas, al engranar la cadena, quede un determinado número de eslabones o mejor pasadores (por ejemplo 12, como señala la figura). Otro procedimiento (dibujo 3, que corresponde a un OHC), en vez de tener que acordarse de un número, se ponen en las cadenas los eslabones E y F, de color o metal distinto (por ejemplo, con chapita de cobre) y con ellos se hacen engranar las marcas D y G de la distribución y el cigüeñal, respectivamente. En este caso, también quedan alineadas la clavija C y la chaveta H, lo que da una idea bastante exacta del reglaje. Obsérvese la colocación del tensor T y la guía U, para que no vibre la cadena).

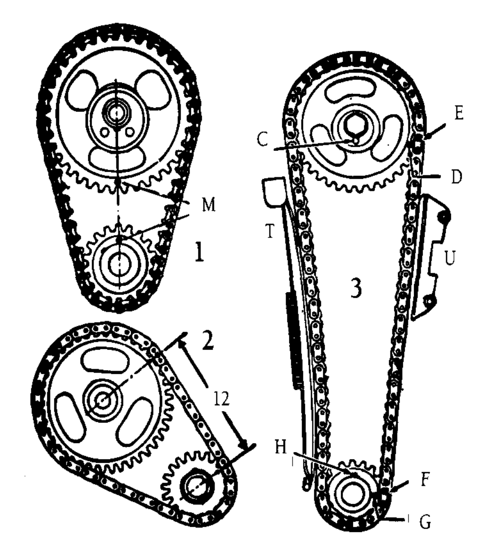


Figura 2.46.

8. INSTRUCCIONES DE MONTAJE Y DESMONTAJE DE LA JUNTA DE CULATA

Desmontaje de la junta de culata.

- Dejar enfriar el motor a temperatura ambiente.
- Quitar el tapón del vaso de expansión del circuito del agua de refrigeración.
- Aflojar los tornillos de la culata en orden inverso al apriete.

Limpieza.

- Limpiar y desengrasar el bloque y la culata por el plano de junta. No dañar las culatas de aluminio.
- Limpiar el circuito de refrigeración.
- Pasar un macho roscado por los alojamientos de los tornillos en el bloque.
- Limpiar la rosca de los tornillos con un cepillo metálico.

Verificaciones.

- Comprobar la planitud del bloque y culata, por el plano de junta.
- Comprobar la altura camisa-bloque.
- Comprobar la altura de la cámara de turbulencia-culata, en los motores diesel de inyección indirecta.
- Comprobar los tornillos de la culata: longitud y estado de la rosca.

- Comprobar el estado de las arandelas.
- Comprobar que la junta de culata elegida corresponde con el motor.
- Comprobar la altura de pistón-bloque, para determinar el espesor de la junta.
- Comprobar que el espesor de la junta es el correcto.

Montaje de la junta de culata.
- No montar la misma junta de culata por segunda vez.
- No aplicar ningún producto sobre la junta (sellantes, grasas, etc.)
- Engrasar ligeramente los tornillos en la rosca y debajo de la cabeza.
- Aplicar el apriete a los tornillos siguiendo el orden y sistema que corresponda.
- Si es necesario un reapriete, aflojar 90° y apretar tornillo a tornillo con el orden y último par especificados. Realizar esta operación entre 1.000 y 1.500 Km.

9. AVERÍAS EN LA COMPRESIÓN

Para que el motor funcione correctamente, es necesario que la mezcla de aire-gasolina, que se introduce en cada cilindro durante la admisión, se comprima perfectamente en el tiempo siguiente del ciclo. Si la compresión no es la debida, el motor pierde potencia y, a veces, incluso, no se puede arrancar.

La compresión, en cada cilindro, se comprueba con el motor caliente, del siguiente modo: se corta el encendido, para evitar la producción de chispas en las bujías, y se coloca el acelerador a fondo para que los cilindros "respiren" bien. Uno a uno, se prueba cada cilindro quitando su bujía y en su lugar se atornilla un manómetro (aparato medidor de presiones). A continuación, se hace girar el motor con el de arranque y se anotan las indicaciones que da el manómetro en cada cilindro.

Según la relación de compresión del motor, así debe de ser la lectura, que suele venir expresada en libras por pulgada cuadrada o en kilogramos por centímetro cuadrado.

Una variación de seis libras entre cilindros es perfectamente admisible. Si uno cualquiera tiene diez libras o más de diferencia con el promedio de los otros, debe investigarse la causa. Para ello se vierte en ese cilindro una cucharada de aceite y se repite la prueba: el aceite "empapa y sella" los segmentos, de modo que si la segunda lectura es ahora tan alta como en los demás, ya se sabe que la avería está en los segmentos o en los cilindros; si no, es de válvula o de junta de culata.

Relación de compresión	Presión a la velocidad de arranque	
	Libras	Kilos
7,2	125	8,8
7,5	130	9,1
8	140	9,8
8,5	145	10,2
9	150	10,5
10	160	11,2

Si dos cilindros contiguos dan baja presión, lo probable es que la junta de culata esté rota entre ellos; pero antes de desmontarla conviene intentar un apriete por si la falta se debiera a flojedad y no a rotura.

Si la compresión es baja en todos los cilindros, se denota un desgaste por igual, probablemente de segmentos y cilindros. Un promedio de hasta 14 libras (1 Kg.) por debajo de la presión teórica es tolerable salvo que el motor haya perdido

sensiblemente potencia y gaste mucho aceite. Si con estos últimos síntomas la presión medida no es baja (o incluso es mayor que la teórica), puede asegurarse que el motor tiene mucha carbonilla.

A continuación se reseñan las causas más corrientes de mala compresión y sus remedios: Las cuatro primeras deben comprobarse antes, porque no requieren desmontaje previo; la 5ª, 6ª, 7ª y 8ª, sólo requieren quitar la culata y válvulas; y la 9ª y 10ª, obligan a desmontar el motor.

9.1. Causas de una mala compresión

1ª. Aceite malo o diluido.

Se nota en que, cuando el motor está caliente, cuesta girarlo a mano y, sin embargo, la compresión es deficiente. El remedio consiste en usar aceite apropiado de buena calidad y en renovarlo en la forma y al tiempo que se explica en el capítulo "Engrase del motor".

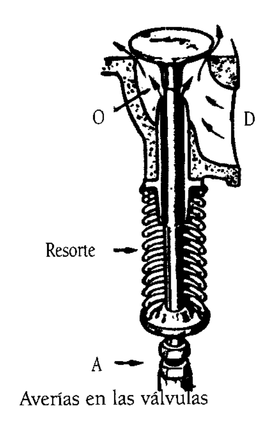


Figura 2.47.

2ª. Juego de taqués (A, figura 2.47).

Si el juego es excesivo, el motor dará poca potencia por disminución del tiempo de entrada de gases y de expulsión de los quemados ("respiración" corta o escasa); además, se oirá el ruidillo del choque de los taqués o balancines contra la demasiado alejada cola de las válvulas. Si la holgura es escasa o nula, las válvulas no cerrarán bien sobre sus asientos al funcionar a la temperatura normal, y la compresión será muy pobre. El reglaje se hace como quedó explicado.

En caso de válvulas laterales, debe mirarse el taqué, por si la cola de la válvula (Fig.2.48), a fuerza de golpear en la cabeza de aquél, lo ha rehundido, resultando falso el reglaje que se haga con el calibre; en este caso hay que poner un taqué nuevo.

Una característica de Ford, ha sido poner taqués reglables. Si el huelgo se reduce, hay que limar la cola de la válvula; si se hace grande, hay que rectificar el borde y su asiento (Fig.2.4), para que aquélla baje; y si no, ponerla nueva.

Si los taqués hidráulicos no funcionan bien y no es debido al aceite (mala calidad, exceso, demasiado espeso o suciedad), deben desmontarse para lavarlos con petróleo y gasolina, eliminando toda traza de alquitrán pegajosa o carbonilla. Cuídese de que los taqués T de la figura 2.5, se monten luego en los mismos tuchos en que vienen montados, pues son parejas preparadas en fábrica, con el adecuado ajuste.

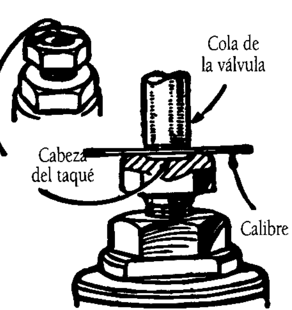


Figura 2.48.

3ª. Fugas en las bujías (Fig.2.49).

Se vierte un poco de agua o aceite alrededor de la bujía; si hay fugas se notarán burbujas durante la compresión. El remedio consiste en reponer la junta que va entre la bujía y su asiento, después de limpiar ambas partes; y si la fuga fuese por A (que es lo menos probable), conviene poner una bujía nueva.

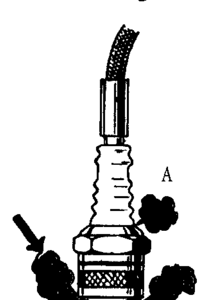


Figura 2.49.

4ª. Fugas en la junta de la culata.

Se comprueba de una ma-nera análoga a la de la anterior avería, y para remediar este defecto ha de quitarse la culata. Para ello se empieza por vaciar el agua del radiador abriendo el grifo o tapón que suele llevar en su parte inferior. Después se desempalma el tubo de goma que comunica con el radiador y se desembornan de las bujías los cables del encendido; luego, se aflojan las tuercas(8) de sujeción de la culata con una llave de tubo, siguiendo el orden marcado en la figura 2.43 o análogo (se empieza por el centro y se sigue de delante a atrás, de derecha a izquierda, y viceversa, hacia los bordes y extremos). Primero se afloja media vuelta cada tuerca, y después se continúa dando pasadas sucesivas.

Si no se puede despegar la culata fácilmente, no se debe intentar metiendo un destornillador para apalancar entre cilindro y culata, ni por el borde de ésta, ni por el orificio de la bujía. Lo mejor es, cuando se han aflojado las tuercas una o dos vueltas, con las bujías puestas, darle al motor de arranque para que la compresión despegue la culata. Si así tampoco se consigue, se arranca el motor para que sea la explosión quien lo haga; pero recuérdese que las tuercas sólo deben estar aflojadas una o dos vueltas. Se procurará no estropear la junta, aunque lo más probable y conveniente es que hay de ponerse otra nueva.

El objeto de las juntas es hacer perfectamente estanca e impermeable la unión de dos piezas metálicas, pues por muy pulimentadas que se hicieran las caras y por mucho que se apretaran la una contra la otra, siempre se producirían escapes de gases en el momento de la compresión o explosión, porque no es posible conseguir un perfecto contacto(9).

La mayoría de las juntas están formadas por dos finas chapas metálicas a base de cobre con amianto entre ellas; en total, de uno a dos milímetros de espesor, que cede bastante una vez apretadas. Al colocarla, se untan ambas caras con un producto hermético que pega y tapona poros. Otras juntas consisten en un tejido de metal y amianto recubierto por películas de amianto y goma, grafitada exteriormente; este tipo es más delgado, porque se aplasta menos con el apriete.

Todas las juntas deben seguir exactamente el contorno de las partes en contacto, recortándose en la junta de culata los agujeros de los espárragos de unión, de los conductos del agua de refrigeración, etc. En la figura 1.7 se ve la culata desmontada, con la junta y el bloque motor.

Cualquier avería en esta junta requiere poner otra nueva. En todo caso, el montaje se hace limpiando cuidadosamente las superficies del bloque y culata, untando la junta con un producto hermético y apretando ligeramente las tuercas de sujeción de la culata, siguiendo el orden de la figura 2.50 o análogo, hasta terminar su apriete general. Se repite éste en la misma forma, apretando a fondo las tuercas. Después de tener un rato el motor en marcha, cuando ya está bien caliente, se hace un tercer apriete y después de unas horas de funcionamiento se repasan por última vez. El par de apriete debe ser marcado por el fabricante.

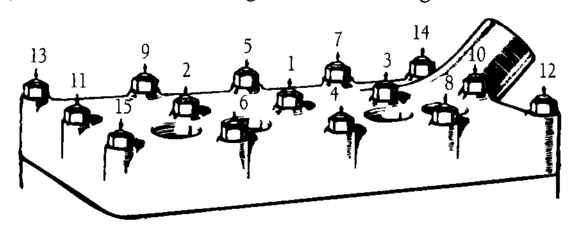


Figura 2.50.

5ª. Resortes de las válvulas (Fig.2.47).

Pueden estar sin fuerza o rotos; en ambos casos la válvula cierra con poca fuerza, de modo inseguro, y probablemente con retraso respecto a la leva (a la que no sigue por falta de fuerza en el muelle).

El desmontaje de los muelles se facilita con el uso de una herramienta especial, que comprime el resorte para poder desmontar la sujeción del plato.

Al montar los resortes debe tenerse la precaución de mirar si tienen sus espiras o vueltas más juntas por un extremo que por el otro, pues en este caso esas espiras apretadas deben ponerse hacia la cabeza de la válvula. La razón de usar este tipo de muelles, es que el empuje, al abrir, va desde la cola, lugar por donde más se encogerá el resorte, hacia la cabeza.

Se comprueba la debilidad de los muelles comparándolos con uno nuevo que sirve de patrón. Un resorte flojo en la válvula de admisión, tiene el peligro de que, al cerrar mal o con retraso, la explosión salga hacia el carburador y le comunique el fuego a la gasolina que hay en éste. Las explosiones al carburador hacen un ruido característico, como si "estornudase" violentamente.

Un resorte débil no cierra con fuerza la válvula y ésta rebota, sufriendo un golpeteo que puede romperla. Si el muelle es demasiado fuerte, el cierre lo hará tan duro que, sobre todo en las válvulas de escape, peligra de romperse o deformarse la cabeza.

6ª. Vástagos de las válvulas.

Si están sucios o sin aceite, peligran de frotar fuertemente en las guías e incluso acuñarse, quedando las válvulas abiertas, a pesar de la acción del resorte. Para reparar esta avería se echan unas gotas de petróleo a lo largo del vástago, y caso de estar éste deformado habrá de reponerse la válvula y su guía. Para desmontar una válvula se quita la culata previamente y luego se desmonta el resorte; esta operación debe hacerse con cuidado, pues la presión del muelle puede disparar la válvula en un descuido, con grave peligro personal, por lo que se usarán las herramientas adecuadas.

Si el vástago o cola de la válvula se ha desgastado, o lo que es mas probable, lo ha hecho la guía por la holgura resultante, el aceite que engrasa los árboles de levas y los balancines es aspirado a través de las guías de válvula sobre todo en la válvula de Admisión y el motor consume aceite engrasándose las bujías. Cuando un motor consume aceite, se debe de comprobar el estado de los retenes de aceite del vástago de las válvulas y la holgura de los mismos en sus guías, marcadas por el fabricante, reponiendo las válvulas y guías en caso de exceso de tolerancia, siempre fijada por el fabricante.

7ª. Cabeza de las válvulas.

Si están muy sucias, o hacen mala compresión, es recomendable practicar el *esmerilado de válvulas*. Para ello, después de quitar la culata, se limpian las válvulas, asientos y guías, lavándolas con petróleo y raspándolas para quitar todo hollín, carbonilla, etc., pero cuidando de que no quede entre los cilindros ni entre ellos, la menor traza de pasta esmerilante, que podría rayarlos. Después se coloca la válvula en su sitio, untando ligeramente las partes cónicas de ella y del asiento con alguna preparación esmerilante, y con una herramienta como B (Fig.2.52-1), o con una ventosa de goma con mango (que se aplica sobre la seta) o bien, con una herramienta (detalle 2), que agarra con la tuerca K la cola de la válvula, y en este caso, tirando de ella en vez de empujarla como en el detalle 1, se imprime a la válvula un movimiento de vaivén

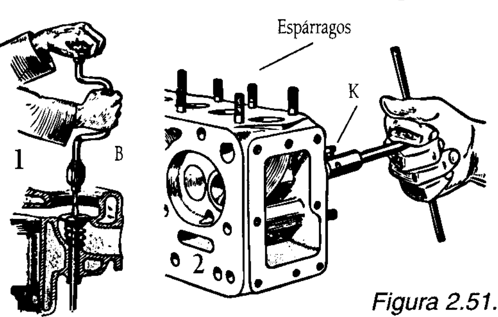


Figura 2.51.

rotatorio; por ejemplo, se gira a derechas, apretándola siempre contra su asiento, una media vuelta, y luego a izquierdas un cuarto de vuelta, y así sucesivamente. De cuando en cuando, se quita la válvula y se lava en petróleo para ver si la superficie de contacto está bien terminada; debe presentar un color gris opaco uniforme, sin raya alguna.

Los procedimientos explicados se aplican indistintamente al caso de laterales (dibujo 1), como en cabeza (dibujo 2); en este último caso, los espárragos son para sujetar los colectores de admisión y de escape.

En el dibujo 1 se ve un pequeño resorte, de poca fuerza, que también puede insertarse en el supuesto 2, apoyándolo en K, para ayudar a la operación, tendiendo a separar la válvula del asiento.

Para probar que la válvula y su asiento están bien esmerilados y hacen buena compresión, se hacen unos trazos de lápiz blando en el asiento y se da varias vueltas a la válvula contra él. Si los trazos desaparecen por completo es señal de que el trabajo está bien hecho. En tal caso se aceitan bien los vástagos y las guías y se montan nuevamente las válvulas en el motor, ajustando después el juego de los taqués en la forma explicada más atrás.

Si las válvulas están corroídas han de rectificarse con aparatos especiales antes de ser esmeriladas.

8ª. Carbonilla.

Casi siempre la operación descrita coincide con la limpieza de carbonilla, aprovechando el tener que quitar la culata. La carbonilla es una costra negruzca que se adhiere a las paredes de la cámara de compresión (culata, cara superior del pistón y válvulas), producida por los humos de gasolina y aceite que no se queman del todo y por el polvo que entra con el aire por el carburador.

Si a causa de esta avería una válvula de admisión cierra mal, se producirán explosiones al carburador, lo mismo que si el resorte está flojo, o por no haber juego en los taqués la válvula no puede cerrar del todo.

A medida que la costra se hace gruesa, la cámara de compresión se achica y, por tanto, la compresión que sufre la mezcla carburada es excesiva. Esto se traduce en un golpetazo característico del motor al funcionar, que se nota mejor cuando se sube una cuesta un poco apurado, es decir, que el motor va con todos los gases, pero funcionando despacio. Entonces se percibe un ruido parecido al que hacen unos perdigones agitados dentro de una botella. En los "reprises", en los que se pretende, en directa, acelerar el vehículo que iba despacio, es donde se nota perfectamente.

No debe confundirse este "picado" del motor con el de exceso de avance al encendido, especialmente cuando se usa mala gasolina; el producido por la carbonilla es más constante, aparece apenas se dan gases al motor.

La culata se limpia con un rascador (especie de destornillador ancho o formón), y para limpiar los émbolos se colocan sucesivamente en el PMS, rascándolos con cuidado para que no caiga nada en los otros cilindros ni en los conductos del agua, etc., que se tapan con paños. Lo más práctico es efectuar esta operación en un garaje o taller donde tengan el cepillo o brocha de alambre giratorio (en un portátil eléctrico) que quita la carbonilla de forma rápida y segura.

Después del rascado se limpian culata, cilindros, émbolos y válvulas con un trapo humedecido en petróleo, y por último, se aceitan abundantemente los vástagos de las válvulas y sus guías.

Al poner la culata debe colocarse una junta nueva, es lo más seguro.

Estas operaciones de limpieza de culata y esmerilado de válvulas, en los motores actuales, basta hacerlas, si se cuida bien el motor y se usan aceites detergentes y filtros buenos, y más con el empleo de rotadores, a partir de los 100.000 Km.

De todas formas no es necesario llegar a desmontar la culata, si lo único que se pretende es limpiar de carbonilla la cámara de combustión(10).

9ª. Cilindros ovalados o segmentos gastados.

Se nota en que, sin tener exceso de aceite el cárter, sistemáticamente salen humos blanco-azulados por el escape; las bujías se engrasan con facilidad; el motor humea por el tubo de ventilación del cárter o de llenado de aceite; la compresión se nota disminuida, se gasta mucho lubricante(11) y se observa poca potencia, sobre todo falta de "reprise". Estas averías no deben ser reparadas por el conductor, sino en un taller.

Si los cilindros están ovalados posiblemente no convendrá cambiar los segmentos, que ya han tomado la forma de óvalo y cierran mejor que otros nuevos circulares que se pusieran. En este caso, o no se desmonta el bloque motor al notar el óvalo cuando se quita la culata, o caso de querer corregir el defecto han de rectificarse los cilindros (redondearlos de nuevo, con lo que su calibre aumenta ligeramente) y poner nuevos pistones sobremedida, con sus segmentos correspondientes.

El desgaste es producido por el rozamiento del pistón y segmentos contra las paredes del cilindro, en tal cantidad que en mil kilómetros de recorrido es, por lo menos, de cuatro millones de frotaciones arriba y abajo, con esfuerzos y aprietes violentos (recuérdese que cada explosión es un "toneladazo" hacia abajo, repetido 1.500 veces por minuto) y a temperaturas elevadas, que harían hervir el aceite. Por bueno que sea el lubricante, se comprende que el desgaste es inevitable a la larga; aunque también se comprende lo mucho que conviene usar el mejor aceite posible y del tipo adecuado.

Este desgaste se manifiesta (Fig.2.52) por: *ovalización* del cilindro en sentido transversal, y precisamente más acentuada al lado izquierdo, mirando al motor desde adelante, ya que como el cigüeñal es el que ofrece resistencia a girar (la resistencia del vehículo a avanzar), el pistón se encuentra comprimido entre el violento empuje de la explosión y la resistencia de la biela, y como ésta se halla inclinada, aquel se apoya y frota con fuerza en la pared K izquierda(12). La ovalización se mide (Fig.2.52) por la diferencia entre los diámetros transversal A y longitudinal B, medidos debajo del escalón o reborde que se forma donde termina el recorrido del segmento alto del pistón.

La *conicidad*, es la diferencia entre los diámetros transversales A y C, medido este último por debajo del escalón que se forma en el punto más bajo del recorrido del segmento inferior.

Como los cilindros no se desgastan lo mismo unos que otros, deben medirse ovalización, conicidad y holguras en todos ellos y proceder con arreglo a las mayores cifras encontradas, que seguramente serán en los cilindros centrales. Si uno sólo de los cilindros necesita rectificarse (por haberse rayado con un segmento, pistón, etc.), al aumentar el diámetro rectificándolo, lo hace el volumen V (Fig.1.59), pero no el "v", de modo que la relación de compresión también aumenta, a lo que contribuirá el mejor

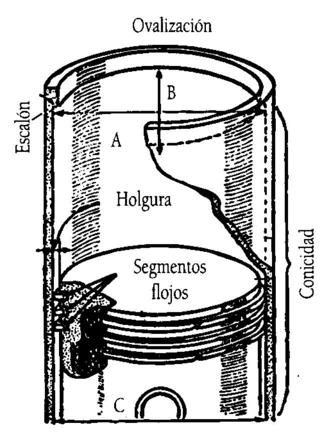


Figura 2.52.

cierre o "sellado" que hacen los segmentos nuevos. Por ambas causas, la fuerza de sus explosiones será mayor que la de los demás, desequilibrándose la sucesión de esfuerzos sobre el cigüeñal; éste puede entrar en vibración peligrosa o molesta, y por ello conviene rectificar todos los cilindros para dejarlos iguales. Si el cilindro averiado se encamisa al diámetro de los otros, no hay por qué tocarlos.

Los segmentos con expansores (Fig.2.53), tanto de compresión como rascadores, son anillos sin tensión; ésta es proporcionada por un expansor X de muelle de acero colocado por dentro y alojado en el fondo de la garganta del émbolo, que aplica con fuerza el anillo por igual a toda la periferia del cilindro, aunque no esté redondo. Además, el segmento suele llevar unas largas ranuras longitudinales R al tresbolillo, que permiten comprimirse elásticamente en sentido de la altura H, de modo que apretándolo puede entrar forzado en la garganta del pistón, donde al soltarse ocupa todo lo alto de la garganta, y por tanto, hace muy ajustado a la vez que elástico, el cierre del pistón contra el cilindro en todos los sentidos. Se usan, sobre todo, como segmentos de engrase.

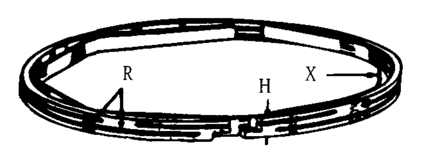


Figura 2.53.

Hay otros segmentos, de acordeón (Fig.2.54), compuestos por arandelas cónicas que se colocan como indica el grabado, y de las que se usan de tres a seis para formar cada segmento (casi siempre rascadores solamente), según la altura de la garganta alojamiento, en la que entran forzados gracias a la elasticidad que proporciona el sistema.

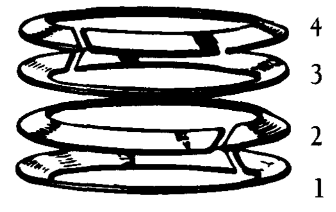


Figura 2.54.

El máximo desgaste de los cilindros se produce al acelerar el motor o apurarlo, sobre todo si está frío[13], pues las potentes explosiones a baja velocidad causan fuertes golpeteos y frote lateral del pistón, que si el cilindro está mal lubricado, significan gran desgaste en su pared. Por análogas razones, la "detonación" o picado por exceso de avance o de carbonilla, provoca un desgaste bastante mayor del normal. En cambio, el llevar el motor muy revolucionado influye poco, y en todo caso es mejor sistema que apurarlo.

Para disminuir el desgaste de los cilindros, no sólo se hacen duras sus paredes con los revestimientos de cromo o camisas de acero especial que ya se citaron, sino que resulta indispensable filtrar eficazmente el aire de la admisión (para quitarle el tenue polvillo que haría de esmeril), y también el aceite del engrase por análoga razón.

El uso frecuente de mezclas ricas (para arrancar el motor en tiempo frío) produce mucho desgaste porque el exceso de gasolina lava el aceite de las paredes de los cilindros, que sufrirán el frote casi seco de los émbolos.

10ª. Segmentos.

Puede suceder que los segmentos hayan girado en las gargantas del pistón y se hayan quedado unas hendiduras encima de otras, alineadas verticalmente, en cuyo caso se pierde por ellas la compresión. Para prevenir esto, deben colocarse, al montarlos, con las hendiduras alternadas y preferentemente quedando sobre las partes del pistón que frotan con más fuerza sobre el cilindro (hacia los costados del motor, partes derecha e izquierda del pistón de la figura 1.3).

Notas

1. **Esa zona Q de remoción de los gases** (lo que se llama *squish* en álgunos catálogos y revistas) se usa ahora también en culatas OHV y en motores de dos tiempos, para meter los gases en torbellino dentro de cámaras de compresión y encendido lo más recogidas, compactas y antidetonantes posible. Es una nueva aplicación de la idea de Ricardo, que puede verse confirmada en la cámara de explosión (Fig.2.32), a cuya izquierda queda como la mitad del cilindro en *squish*.

2. **También denominados filtros catalíticos** por su función, en la que se realizan una serie de reacciones químicas por las que se reduce la emisión de gases tóxicos de manera radical.

3. **Recibe el nombre *Lambda***, por llamarse así la letra del alfabeto griego "λ", que se usa en termodinámica para expresar la relación entre la cantidad de aire espirado y la cantidad teórica de aire necesaria para la combustión. Siendo $\lambda = 1$, la que define la relación estequiométrica.

5. **Para facilitar la refrigeración de las válvulas de escape**, aparecieron en 1959 algunas disposiciones que evitaban que dos de ellas estuvieran juntas. Así el cuatro cilindros Vauxhall, dispone las válvulas EA-EA-AE-AE. En los de ocho cilindros en V americanos, Lincoln fue el primero en adoptar para cada bloque de cuatro la ordenación EA-EA-EA-EA.

6. **Por ejemplo**: un seis cilindros con orden de explosiones 1-5-3-6-2-4, después de la válvula de admisión del 1º, se abre la del 5º; pero al cerrarse la del 1º, la que se está abriendo ya es la del 3º.

7. **El meter una varilla** por el orificio de la bujía y girar a mano, lentamente, el motor: cuando la varilla está lo más alta posible, es el p.m.s. Pero ocurre que cuando el pistón pasa por los puntos muertos, es cuando cambia de sentido su movimiento y apenas se desplaza durante un apreciable giro del cigüeñal; esa varilla sólo se movería medio milímetro, para un giro del cigüeñal de 15º, con una carrera del pistón de 100 milímetros.

Por tanto, hay que actuar de otro modo. Cuando, en la operación descrita anteriormente, la varilla pareció estar en lo más alto posible, se busca o improvisa una referencia fija M (Fig.2.38), a la cual se puede referir la posición de la varilla, y se marca ésta con tiza o lápiz (es la posición aproximada del p.m.s. del primer cilindro). Por encima de ella y a una distancia de unos 2 a 3 centímetros, según el tamaño del motor, se hace una señal fija F con una lima o sierra. Entonces se sigue girando el motor (dibujo 1), la varilla se hundirá en el cilindro, y cuando la señal F coincida con la referencia M citada, se hace en el borde del dámper o del volante, una marca D frente a un índice del bloque. Se sigue girando hasta pasar el p.m.i, y que el émbolo suba. Cuando vuelva a ponerse la señal F de la varilla (dibujo 2) frente a la referencia M de la culata, se hace otra marca A en el borde del dámper. Es evidente que el p.m.s. estará a mitad de camino entre D y A, porque en ambas posiciones le falta al pistón la misma cantidad Z para llegar al p.m.s, y éste se puede marcar en el borde del dámper o del volante, a mitad de distancia entre A y D.

8. **Si algunas tuercas se resisten a girar por oxidación o agarrotamiento**, basta con echarles unas gotas de petróleo o el típico "3 en 1" y esperar un rato. A este procedimiento no se resiste ninguna tuerca o tornillo.

10. **Un pequeño truco para la limpieza de la cámara de combustión**, sin necesidad de desmontar la culata es el siguiente: se arranca el motor del vehículo y se espera hasta que alcance la

temperatura normal de funcionamiento. A continuación, se quita el filtro de aire del carburador y se vierte por la boca de éste, agua (o mejor agua oxigenada) poco a poco y, a fin de que el motor no se "cale", se van dando pequeños acelerones. Después de haber consumido litro o litro y medio de agua, ya estará la cámara de combustión impecable. Se deja unos minutos más en funcionamiento el motor y la operación se habrá terminado, habiendo salido por el tubo de escape el carbón depositado en la cámara, combinado con el oxigeno del agua. En efecto, a la temperatura alcanzada en la explosión, parte del oxígeno del agua se separa del hidrógeno para combinarse con el carbón depositado y en forma de dióxido de carbono, sale del cilindro, junto con los gases de escape. Dado *que el porcentaje de oxígeno en el agua oxigenada es el doble que en el agua, si se emplea ésta el* proceso será más rápido.

11. ***El consumo de aceite****, debe llamar la atención a partir del medio litro cada 100 Km.,* y es alarmante al llegar al litro. Debe examinarse el motor ya en el primer caso.

12. **Para compensar**, en cierta medida, la violencia del empuje hacia K, algunos constructores descentran el bulón, acercándolo ligeramente hacia K hasta un 3 por 100 del valor del calibre. Así, parece disminuirse apreciablemente el campaneo del émbolo.

También se ha empleado alguna vez el artificio de desplazar ligeramente el cilindro hacia la derecha (mirando a la figura), de modo que la pared K se acerque a la vertical del eje del cigüeñal; de esta forma disminuye la oblicuidad de la biela y, por tanto, el fuerte empuje y desgaste sobre la pared K en la carrera del pistón.

13. **Si el desgaste de los cilindros**, funcionando a la temperatura debida, agua del radiador entre 80º y 85ºC., es como 1, con el agua a 40º es como 6; y el desgaste se hace 24 veces mayor con el agua a 4º.

Histórico

Medidas de las cotas de reglaje

En los motores antiguos era corriente que estas cotas se marcasen en el aro del volante; pero como quedaba en sitio poco accesible y obligaba al desmontaje de las piezas que lo cubren, se aprovecha la instalación del dámper, montado en el eje delantero del cigüeñal, para señalar en él las cotas de reglaje. En caso de que no exista éste, se recurre al volante.

En la figura 2.55 se exponen algunos casos prácticos. En 1, el aro del dámper tiene las marcas 0-5-10-15 que, ante la referencia Y, fija al motor, indican el p.m.s. del primer cilindro y que faltan 5°, 10° y 15° para llegar a él. Otras veces (detalle 2), la referencia Y está en el aro del dámper y la graduación en una chapa sujeta al motor. En bastantes casos (detalle 3), en el dámper sólo

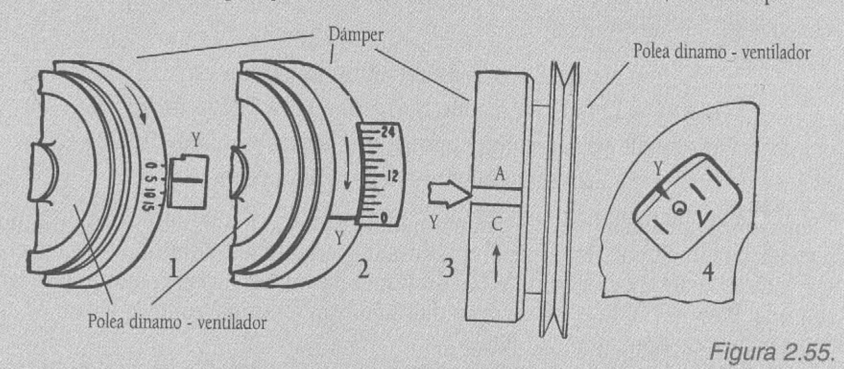


Figura 2.55.

va una marca que corresponde al PMS del primer cilindro; y si van dos, la que pasa primero en el sentido de giro debido, es el "avance al encendido", y la segunda el p.m.s. Si hay tres, la última es el p.m.s., como siempre, y las otras dos irán con letras para saber cuál es la de AAA, y cuál la de avance al encendido (parte fija o avance inicial). Obsérvese que la polea para la dinamo-ventilador, queda fuera del dámper. En el detalle 4, se dibuja la ventanilla que, una vez quitada la tapa que la cubre, permite ver la referencia fija Y, más la señal, que al coincidir con aquélla, indica que el primer cilindro tiene su pistón en el PMS.

Si, en ninguna parte, hay referencia del punto muerto, se debe determinar. Para ello, se puede recurrir a un método "artesanal" (Fig.2.56)[7].

Una vez que se conoce el PMS, es cuando se utilizan las *cotas de reglaje*. Éstas pueden venir dadas por *tres procedimientos*:

1°, en grados de giro del cigüeñal (muy frecuente).

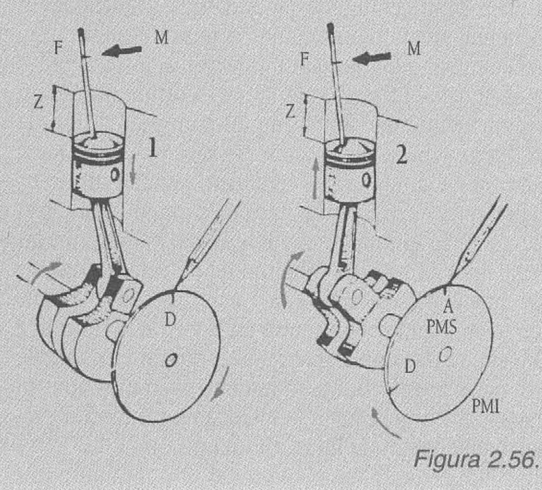


Figura 2.56.

Si el motor tiene el dámper accesible, se le aplica un disco de cartulina o un transportador, con los bordes graduados (el cero en el PMS), que pueden sujetarse con cinta adhesiva. Se marcan las cotas, y cuando pasen ante la referencia o índice fijo al motor, deben abrirse o cerrarse las válvulas correspondientes. Si fuesen cotas respecto al PMI, como las A.A.E. y R.C.A., se actúa del mismo modo, pero respecto al punto diametralmente opuesto al PMS, que es el que corresponde al PMI.

2º, en milímetros medidos sobre la llanta o contorno del dámper o volante.

Cuando el dámper o el volante son accesibles, hay un procedimiento que sirve también para el primer caso, pues se pueden convertir los grados en milímetros, medidos sobre el contorno. Se mide el diámetro D del dámper o volante, donde ya está la señal del p.m.s., y multiplicándolo por 0,0087 se obtiene el número N de milímetros que corresponde a un grado de giro.

Llamando C al contorno del volante, las fórmulas son:
$C = \pi \times D = 3{,}14 \times D$. Por su parte, $N = C/360 = 3{,}14 \times D/360 = 0{,}0087 \times D$.
Si C es conocido o puede medirse mejor que D, se emplea $N = C/360 = 0{,}0028 \times C$.
Con estas fórmulas se resuelven todos los casos.

Por ejemplo si el diámetro del dámper mide 230 mm., N = 0,0087 x 230 = 2 mm., por cada grado. Suponiendo que el avance a la apertura de la admisión (o la cota que sea, incluso la del encendido) vale 12° de avance, se marcará en el contorno una señal antes del PMS. a 2 X 12 = 24 mm., medidos con cinta flexible sobre la llanta.

3º, en milímetros de recorrido del pistón.

En el caso, de que las cotas vengan en milímetros de recorrido del pistón (que también es frecuente, pero algo menos exacto por las razones expuestas de imprecisión cerca de los puntos muertos, y suele ser para la cota del encendido), conviene convertir dichos milímetros en ángulo de giro del cigüeñal, cosa que puede hacerse con bastante exactitud si se conoce la longitud de la biela entre centros de pie y cabeza. Esto no es lo corriente, salvo en los talleres; pero por si se supiese, en la figura 2.57 se indica la transformación de grados en el cigüeñal O (ángulo BOH), a recorrido del pistón DE en milímetros. Por ejemplo: con una carrera de 76,2 mm. y biela de 152 mm., se sabe que la cota son 6,3 mm. Se dibuja en su verdadero tamaño un círculo con centro en O y radio igual a la mitad de la carrera (diámetro AB); desde A y B se llevan hacia arriba las longitudes AC = BD = longitud de la biela. La distancia entre C y D vuelve a ser la carrera; desde D se marcan los 6,3 mm. y con centro en E y radio EH, igual a la biela, se traza un arco que, al cortar en H al círculo AB, da el ángulo BOH; se miden sus grados con un transportador y se tiene la medida angular del cigüeñal, equivalente a la lineal DE del pistón.

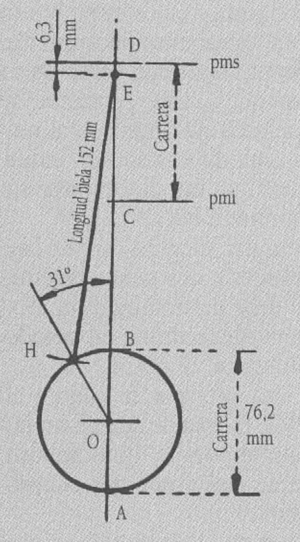


Figura 2.57.

Si lo que se conoce es el ángulo y lo que se quiere son milímetros, se marca primero el ángulo BOH y desde H se toma HE igual a la biela. En milímetros, DE es el equivalente a los grados. Ya teniendo la cota en grados, se opera como se indicó en los casos 1 y 2. Si no se conoce la longitud de la biela, puede suponerse, que es el doble de la carrera y se obtendrá un valor aproximado en las equivalencias.

Puesta a punto de la distribución

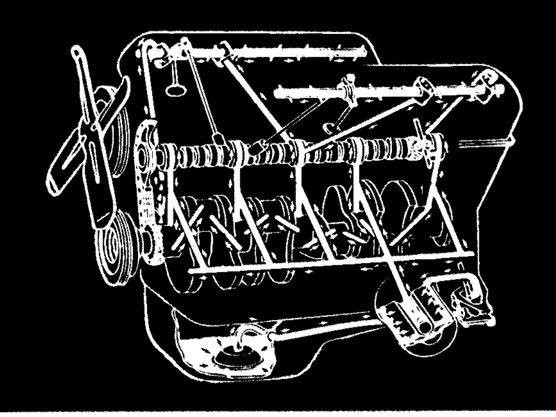
Con lo explicado, y por cualquiera de los procedimientos mencionados, se tiene ya el émbolo en la posición exacta en la que debe ocurrir lo que indica la cota de reglaje elegida. Si es de la distribución, una cualquiera de ellas sirve; pues las demás, que dependan del mismo árbol de levas, quedan automáticamente a punto por la forma de ésta. Suponiendo, por ejemplo, que es la AAA (avance a la apertura de la admisión), como es lo corriente, se busca, según se explicó, la válvula de admisión del primer cilindro y se monta y se pone el árbol de levas de modo que esa válvula esté para abrirse. Para apreciar con certeza el momento en que la válvula se abre, se habrá intercalado entre su cola y el taqué una lámina muy fina, y tirando de ella, al aprisionarse es que la válvula comienza a abrirse. Se fijan los piñones del cigüeñal y del árbol de levas en esas respectivas posiciones, dejándolos engranados o uniéndolos por la cabeza: la distribución está ya puesta a punto.

Comprobación de la distribución

En este caso no habrá sido necesario desmontar el árbol de levas y basta comprobar que en el momento de la apertura de la válvula, siguiendo el ejemplo anterior, el volante tiene su referencia de AAA frente a la señal fija del cárter. Si no ocurriera así, habría que poner a punto la distribución, como se ha explicado, moviendo la posición del árbol de levas con relación al cigüeñal.

Si de lo que se trata es de verificar el estado de las levas sin desmontar el árbol, hay que comprobar la distribución cota por cota, y para todos los cilindros, hasta encontrar las que están mal. Si ninguna parece estar bien, se intenta la puesta a punto a partir de cada una de las levas para saber si es un desreglaje del árbol, y si con ningún ensayo se consigue la puesta a punto, es que existe un desgaste general de las levas, cosa que se notará también en que todas las aperturas tienen un pequeño retraso, y los cierres un ligero avance con relación a las cotas, ya que el desgaste será probablemente mayor en las rampas de las levas que atacan al empujador. Si se comprueba un desgaste parcial o general, la única solución es colocar unas levas nuevas.

Conviene repetir aquí, que todas las operaciones mencionadas no son necesarias cuando vienen en la distribución las marcas de la figura 2.46, o en el dámper o en el volante, las de la figura 2.55.



El Engrase

1. GENERALIDADES

Una superficie metálica, por muy esmerado que sea el trabajo de pulimentación, aunque parece lisa y suave a simple vista, en realidad presenta una serie de asperezas y rugosidades que siendo aparentemente inapreciables repercuten de forma considerable en el rendimiento y vida de las superficies que están en contacto. Si en esas condiciones se hacen frotar, y más si se aprietan enérgicamente, como ocurre en los cojinetes de las máquinas, las asperezas al entrar en contacto, se ensamblan, desgarran y trituran, de tal modo que el rozamiento desgasta rápidamente el material. Este fenómeno, absorbe tal cantidad de energía, con producción de calor, que la temperatura se eleva con rapidez, pudiendo sobrevenir el agarrotamiento (también llamado gripado) de las piezas móviles, por excesiva dilatación o por fundirse las rugosidades de las superficies metálicas.

Los factores que influyen en el coeficiente de rozamiento, y que hay que tener en cuenta, son: la naturaleza, el estado, la presión y las condiciones de trabajo de las superficies de contacto.

Hay tres tipos de rozamiento:

- Seco, que produce una fricción directa entre las asperezas de las superficies, con un calentamiento intenso localizado en las crestas de las mismas, traduciéndose en una fusión parcial de las piezas, e incluso en un gripado.
- Fluido, caracterizado por la presencia permanente, entre las superficies, de una fina película de lubricante (aceite o grasa), suficientemente espesa, como para evitar el contacto entre las mismas; siendo menor la resistencia al deslizamiento, y en el que las piezas no sufren apenas desgaste.
- Semiseco, cuando entre las dos piezas metálicas se interpone una delgada película de aceite monomolecular. Mas que lubricar, se obtiene un engrase untuoso.

Si no existiera la fuerza resistente pasiva al rozamiento, podría ser una realidad el movimiento continuo. En la práctica, lo que se hace es reducirla al mínimo posible, y aunque no se puede anular su existencia, resulta perfectamente tolerable. Para ello se recurre al engrase o lubricación, que tiene como misión reducir en lo posible el coeficiente de rozamiento, por consiguiente la resistencia al mismo. Así y todo, todavía existe rozamien-

to con producción de calor, pero la temperatura y la fuerza absorbida no pasan de límites tolerables.

Podría reducirse, aún más, la fuerza resistente, sustituyendo el rozamiento por el rodamiento, mediante cojinetes de bolas o rodillos, cosa que en algunos casos se hace; no obstante, los cojinetes lisos de rozamiento son sencillos y sumamente prácticos en gran número de aplicaciones.

En definitiva, la función del engrase es interponer, entre los órganos mecánicos sometidos a rozamiento, una película de lubricante sólida o líquida, que: reduzca las fuerzas de rozamiento y evite pérdidas de potencia, evacue el calor generado por las piezas en movimiento, preserve a las piezas del desgaste y de la corrosión, elimine las impurezas y sobrantes, y por último, contribuya a la estanqueidad efectuando una acción de "sellado".

La película de lubricante interpuesta, que ocupa el huelgo tolerable entre las piezas, llega a ser en, esfuerzos ocasionales, tan sumamente delgada, que se podría asemejar a mil veces más fina que el grosor de un cabello humano. Por ello, el aceite empleado ha de ser de una calidad tal, que resista las altas temperaturas del motor, sin que se queme y sin que se rompa la película con las presiones de trituración de los cojinetes.

Los aceites empleados en el automóvil han de reunir unas cualidades:

- Resistentes a altas presiones.- Es tan fina la película de aceite que se interpone en algunas piezas, por ejemplo entre los cojinetes de biela y cigüeñal, que debe de soportar sin que se rompa, la fuerza de la explosión comunicada a la biela y cigüeñal.
- Resistente a altas temperaturas.- Debe de conservar su poder de engrase a pesar del calentamiento del aceite, que llega a alcanzar temperaturas de 85° C.
- Antioxidante.- El aceite no debe de oxidar las partes metálicas que lubrique.
- Anticorrosivo.- El aceite no debe de atacar produciendo la corrosión de los metales que lubrique.

Todas estas cualidades las poseen los aceites que se encuentran en el mercado homologados en mayor o menor grado.

Misiones del engrase
Figura 3.1.

El motor de un automóvil es un mecanismo muy delicado; se dice que está gastado o viejo, necesitando reparación, cuando ha desaparecido de sus partes móviles una capa delgada de metal: desgaste por frotamiento. De éste y sus presiones, ya se indicó algo: recuérdese que los cojinetes del cigüeñal reciben cada minuto millares de "toneladazos" que antes han pasado, haciendo sufrir a los cojinetes de las bielas, desde los émbolos, en contacto con el fuego explosivo, y rozando a gran velocidad ceñidos en sus cilindros. Ya es una maravilla de la técnica haberlo convertido en el silencioso y suave rodar de un automóvil.

El aceite (Fig.3.1), además de lubricar las partes en rozamiento señaladas como ejemplo en A (paredes del cilindro, cabeza y pie de biela, etc.), sirve como refrigerante, tanto por el calor que absorbe al circular constantemente por el motor, como por el que transmite al agua de refrigeración (B, de la cabeza del pistón al bloque). Por último, el aceite sirve para hacer estancas las juntas, "sellando" las inevitables y necesarias holguras, como en C, al llenar las que hay entre pistón, segmentos y cilindro, impidiendo el paso de los gases de la combustión al cárter.

Los principales órganos del motor (en rotación, deslizantes u oscilantes) que hay que lubricar, son: pistones y cilindros, apoyos y codos del cigüeñal y cabezas de biela, ejes de pistones y pies de biela, apoyos del árbol de levas, taqués y colas de válvulas, ejes de balancines y engranajes de la distribución.

2. ACEITES Y LUBRICANTES

Existen diferentes tipos de lubricantes para el engrase de los motores: los aceites minerales derivados del petróleo bruto, los aceites sintéticos, las grasas consistentes y el grafito.

Los aceites minerales son más o menos espesos, usándose según la clase de motor o trabajo de las piezas en acción. Las valvolinas, mucho más espesas, se emplean en rodamientos, engranajes, etc.

Cada motor u órgano del vehículo, está calculado para usar un aceite de determinada densidad, y el automovilista debe seguir las indicaciones del fabricante, usándolo de buena calidad y a ser posible de marcas acreditadas.

Para que un motor funcione perfectamente, es necesario considerar las siguientes características, físicas y químicas, del aceite que se vaya a utilizar:

- Viscosidad.- Resistencia del lubricante al desplazamiento o grado de cohesión molecular o de atracción de las moléculas del líquido.
- Untuosidad.- Aptitud del lubricante para adherirse a las superficies metálicas.
- Estabilidad.- Resistencia del lubricante a la descomposición bajo la acción de los gases quemados y de la temperatura.
- Punto de congelación.- Debe ser lo suficientemente bajo, para que el aceite mantenga sus cualidades a bajas temperaturas.
- Punto de inflamación.- Éste debe ser muy elevado para evitar la carbonización del lubricante cuando los motores funcionan a altas temperaturas.

Los aceites empleados en el automóvil pueden ser:

- Normales.- Poseen las cualidades apuntadas anteriormente en grado normal.
- Premium.- Son aceites que poseen las cualidades apuntadas en mayor grado.
- Detergentes.- Además de poseer las cualidades apuntadas en alto grado, son limpiadores de depósitos carbonosos.
- Sintéticos.- Son compuestos que se preparan por procedimientos químicos, los minerales descritos con anterioridad se obtienen de la destilación del petróleo.

Los aceites Sintéticos son de cualidades superiores al resto. Son fluidos soportando bien el frío. Conservan la viscosidad a pesar de las altas temperaturas, " tienen cuerpo", a pesar del calor siendo estables a altas temperaturas. Duran más que los aceites minerales derivados del petróleo. Si en éstos, los cambios de aceite se deben hacer a los 6.000 ó 7.000 Km como muy tarde, los sintéticos pueden durar 10.000 a 12.000 Km.

La estabilidad y duración de estos aceites es superior a la de los minerales, por lo que los periodos de cambio de aceite se pueden separar más sin perjuicio para el motor.

Los aceites sintéticos que se encuentran en el mercado son en realidad mezclas homogéneas de aceites sintéticos y minerales.

Los aceites multigrados fabricados con base sintética se obtienen haciendo una mezcla de aceite de síntesis de baja graduación SAE (p.e. SAE 10W o similar) y de aceite mineral de elevada viscosidad (p.e. un SAE 50).

El aceite de síntesis ofrece una untuosidad superior al aceite mineral, por lo que la protección del motor durante el arranque es superior con un aceite sintético. Cuando el motor trabaja a bajas temperaturas es cuando actúa la fracción de síntesis, posteriormente, cuando el motor alcanza su temperatura normal de funcionamiento es cuando interviene en mayor medida la parte mineral. De esta manera se reducen los desgastes mecánicos y el consumo de aceite en comparación con los multigrados minerales comunes, cuya base es mucho más volátil y por ello se evapora con mayor facilidad.

2.1. Calidad

Aunque muchos fabricantes recomiendan un tipo de aceite especial para sus motores, no se debe creer que otra marca de aceite es inadecuada para su empleo en ese automóvil. Puede emplearse la marca de aceites que uno quiera, siempre que se tengan presentes dos condiciones fundamentales: que sea un aceite de buena calidad y que sea del tipo recomendado por el fabricante, en su guía de engrase, para el modelo de vehículo del que se trata. Hay que tener en cuenta, que el gasto en la calidad del aceite supone una pequeña parte de los gastos de mantenimiento del vehículo, frente al gran ahorro que puede representar a largo plazo, en ausencia de averías y mayor duración del motor. De cualquier modo la calidad de los aceites estará en función del grado en que posean las cualidades de resistencia a la temperatura, a altas presiones , oxidación y corrosión comentadas.

2.2. Clasificación

Los aceites para motor se indicaban, según las marcas, por nombres, letras o números que señalaban su mayor o menor fluidez (temperatura, tomada lo más baja posible, a la que el aceite fluye, únicamente, por gravedad); pero desde que la Organización de Estandarización Internacional (ISO), estableció su ordenación para los lubricantes de aplicación industrial, o la Sociedad de Ingenieros de Automoción - Society of Automotive Engineers - (S.A.E.), de Estados Unidos, creó su escala de denominaciones para definir diferentes rangos de viscosidad, en los lubricantes de automóviles, medidos a una temperatura determinada, la mayoría de los fabricantes se ciñen a ellas.

Las diferentes marcas han adoptado la graduación de consistencia SAE, que se designa con estas tres letras y un número.

2.2.1. Por su viscosidad

La clasificación de los aceites atendiendo a su viscosidad, genera en el etiquetado de los envases una serie de siglas, acompañadas por unos dígitos, identificativas del grado de viscosidad del lubricante en cuestión (responden a las iniciales de los organismos anteriormente citados), y que se refieren a su temperatura sin añadir dato alguno sobre otras prestaciones o condiciones del mismo.

El índice de viscosidad representa la tendencia, más o menos acentuada, de un lubricante a espesarse a medida que se enfría, o a fluidificarse según se calienta.

La viscosidad varía en función de la temperatura de forma inversamente proporcional. Los motores sufren el máximo desgaste durante el arranque del motor en tiempo frío, debido a que el lubricante, por ser viscoso, fluye lentamente en los conductos de engrase, y llega con retraso a los órganos que se encuentran en movimiento.

Sin embargo, una viscosidad demasiado baja puede no ser suficiente para asegurar la formación de una capa bastante resistente, y puede dar problemas de pérdidas de compresión por no realizar un "sellado" eficiente de los segmentos.

La viscosidad de los aceites se miden en grados Engler (°E), o en Centistokes (Cst); ambas unidades, se relacionan por la fórmula: Cst = °E x 7,6

El aceite del motor debe tener una viscosidad tal que la película de aceite que se forma entre dos superficies frotantes, no sea rota por la presión de las piezas. Por otro lado, el aceite motor debe ser fluido para que no presente una gran resistencia al movimiento de las piezas.

Esta resistencia repercute en mayores dificultades al arrancar el motor, insuficiente refrigeración de las piezas, y en una pérdida de rendimiento del motor.

La comparación de nombres o viscosidades no quiere decir nada en cuanto a la calidad; ésta depende tan sólo del crédito de la marca.

- Aceites monogrados

El número, indica la viscosidad medida a unos 100° de temperatura; y la "W" (winter) quiere decir que el grado de viscosidad está medido a unos -18° (bajo cero), y por tanto son aptos para épocas de frío riguroso.

Existen los siguientes: SAE-70 (espeso), SAE-60 (extra-denso), SAE-50 (denso), SAE-40 (semidenso), SAE-30 (semifluido) y SAE-20 (fluido). Más fluidos son aún los tipos SAE-20W (fluido) que puede llegar a -12° (bajo cero), y el SAE-10W (ligero) hasta -23° (bajo cero). El SAE-5W, es para trabajar entre temperaturas máxima de -7° y mínima de -34°; como esto es excepcional, no es fácil encontrarlo en el mercado y se puede sustituir por un SAE-10W, al que se añade un 10 por 100 de queroseno.

Así son designados, actualmente, los diversos grados de aceites por varias marcas conocidas como Amalie, Esso, Shell, Repsol, Cepsa, Campsa, etc. En el siguiente cuadro se detallan las equivalencias SAE de los nombres conservados por otras marcas:

	Mobiloil	Castrol	Atlantic	Shell (antiguo)
SAE-10W	E	—	Light	Silver
SAE-20 ó 20W	Artic	Castrolite	Light-Medium	Single
SAE-30	A	XL	Medium	Double
SAE-40	AF	XLH	Medium-Heavy	Double Extra
SAE-50	BB	XXL (1)	Extra-Heavy	Triple
SAE-60	B	Grand-Prix	Super-Heavy	Golden
SAE-70 (espeso)	D	—	—	—

Hay un tipo Castrol SAE-50, designado con la letra "R", que no se puede mezclar con ningún otro tipo de aceite por estar preparado a base de ricino; se emplea ocasionalmente en motores muy revolucionados para carreras.

- Aceites multigrados

Hay unos tipos de aceites, llamados multigrados, que abarcan las propiedades de varias denominaciones SAE, seguidas. En ellos, la viscosidad se da para dos valores de temperatura, y evitan tener que "efectuar los cambios estacionales" (verano e invierno) a que obligan los aceites corrientes o monogrado. Así, el aceite SAE 10W/30, sirve como 10W en frío, permitiendo un fácil arranque a varios grados bajo cero, y como 30 en caliente; otros tipos de aceites multigrados son: 10W/40, 10W/50, 15W/40, 15W/50, 20W/40 y el 20W/50.

Estos tipos de aceites se encuentran en las categorías Premium y Detergente, especialmente en esta última.

2.2.2. Por la calidad

Respecto a sus propiedades, los aceites se dividen en tres categorías principales:

- Aceite normal, mineral puro (regular, "straight", o ML), sin productos añadidos (aditivos), que sirve perfectamente para trabajos moderados corrientes. Ejemplo: Campsa.
- Aceite de primera (Premium o MM), con aditivos químicos que lo hacen resistente a la oxidación, y anticorrosivo. Casi todas las marcas acreditadas cumplen estos requisitos.
- Aceites detergentes (HD, "heavy duty" o trabajo duro, y el MS) que, además de antioxidantes y anticorrosivos, son detergentes. Mejor que limpiadores, en el sentido literal de la palabra "detergente", podrían llamarse dispersivos, por la propiedad que tienen de pulverizar y emulsionar la carbonilla. A esta categoría pertenecen, además del MS (para motores de gasolina), los especiales para motores Diesel, que, se designan con las iniciales DG (para esfuerzos y temperaturas normales) y DS (para trabajos en condiciones extremadamente duras con gran esfuerzo continuo y temperatura elevada)[1]. Ejemplos: Repsol y todos los que llevan la indicación HD o MS.

Las otras marcas citadas, en el cuadro anterior, también tienen por lo general, tipos de aceites adecuados para motores diesel, que cumplen las condiciones en la mayoría de los casos.

Los aceites detergentes no deben mezclarse, con los normales o los de primera, en los motores de cuatro tiempos, sin un lavado previo con aceite ligero especial (por ejemplo Campsa C2) durante unos 10 ó 15 minutos de funcionamiento, cambiando luego el primer detergente a los 500 kilómetros.

2.2.3. Por el tipo de servicio

Esta clasificación, fue establecida por el Instituto del Petróleo Americano - American Petroleum Institute-, organismo independiente cuyas especificaciones o normas para los lubricantes son las más seguidas por los fabricantes o consumidores de aceite, y que es conocida como clasificación API para motores, según el tipo de servicio. En ella se establecen las denominaciones para motores de gasolina como "S", y para motores diesel como "C"; a continuación una segunda letra, "A", "B", "C", etc., indica, de menor a mayor, el nivel de calidad.

CLASIFICACIÓN

Para motores de gasolina se encuentran las siguientes categorías:

- API-SA. SB. SC. SD y SE, que han quedado obsoletas con el paso de los años. La última a partir del año 1989.
- API-SF, con una protección reforzada de estabilidad a la oxidación y protección antidesgaste, en los lubricantes empleados para servicios en motores fabricados entre el año 1980 y 1988.
- API-SG, para los motores fabricados desde principios de 1989 y que incluyen las propiedades exigidas a los lubricantes API-CC.
- API-SH, empleada desde principios de 1995 para el lubricante Sintetic Super Oil 10W40 de Kraff, entre otras marcas, que cumple las mismas exigencias que el servicio SG, y tiene como mejoras el incremento del 21% en cuanto a estabilidad a la oxidación, descenso de un 20% del desgaste de levas, y la reducción de un 19% de los depósitos (barro, lodo, etc.) en el motor[2].

Para los motores diesel existen:
- API-CA y CB, que han quedado obsoletas con el paso de los años.
- API-CC, para servicios en motores de aspiración normal, sobrealimentados, o turbos en condiciones de carga de moderadas a severas. Introducidos en 1961, estos lubricantes protegen contra la formación de depósitos a altas temperaturas y también contra la corrosión, herrumbres y depósitos a bajas temperaturas.
- API-CD, define lubricantes como los de la categoría CC, y protegen de los depósitos a altas temperaturas y de la corrosión a los cojinetes. Se introdujeron en el año 1955.
- API-CD II, servicio típico en motores de dos tiempos que requieren un control efectivo del desgaste y los depósitos. Cubren todos los requisitos exigidos a la categoría API-CD.
- API-CE, fabricados en 1983, se emplean para determinar motores turboalimentados diesel que operan en condiciones severas a alta/baja velocidad y a alta/baja carga. Estos lubricantes deben cumplir también las exigencias de los API-CC y CD.
- API-CF-4, para el lubricante Sintetic Super oil 10W40 de KRAFF, entre otras marcas y fabricadoen 1995. Este tipo de aceite es apto para los motores diesel de nueva generación, que cumplen las directrices de la UE encaminadas a reducir las emisiones contaminantes[3].

CLASIFICACION EUROPEA "CCMC"

Para lubricantes en motores de gasolina (clases "G"):
- Clases G-1, G-2 y G-3, canceladas. La última a partir de Enero de 1990.
- Clase G-4, en vigor desde Mayo de 1990, define lubricantes con grado de viscosidad normales y prevé únicamente los grados SAE 10W-X y 20W-X.

Clase G-5, en vigor desde Mayo de 1989, para los lubricantes con grados de viscosidad bajos; prevé únicamente los grados 5W-X y 10W-X.

Para lubricantes en motores diesel (clases "D"):
- Clases D-1, D-2, D-3, canceladas. La última a partir de Enero de 1990.
- Clase D-4, vigente desde Mayo de 1989, define a un lubricante para servicios de motores diesel ligeros y pesados, tanto en normalmente aspirados como turboalimentados en aplicaciones comerciales (flotas, contratistas, etc.). Reemplaza a la clase D-2, y prevé los grados de viscosidad SAE 20W-20, 30, 40, y XW-30, 40 y 50.
- Clase D-5, en vigor desde Mayo de 1989, reemplaza a la D-3. Define un lubricante para servicios en motores diesel extrapesados, tanto normalmente aspirados como turboalimentados en aplicaciones comerciales. Se prevén los mismos grados de viscosidad que en la clase D-4.
- Clase PD-1, reemplazada por la PD-2.
- Clase PD-2, en vigor desde Mayo de 1989. Define un lubricante para motores diesel, tanto normalmente aspirados como turboalimentados enaplicaciones de turismos ligeros de pasajeros. Se prevén los grados de viscosidad XW-30, 40 y 50.

Otro tipo de especificaciones son las emitidas por organizaciones militares norteamericanas y que son utilizadas en países que se sitúan dentro del ámbito militar de la OTAN. Éstas corresponden a ensayos patrón que han de superar los aceites que sean designados con las mismas. Las pertenecientes a este grupo son las siguientes:

MIL-L-2104A: esta especificación es equiparable a la "HD" de API.

MIL-L-2104B: esta especificación es equiparable a la "SC" de API.

MIL-L-46152: de esta especificación hay las siguientes subespecificaciones:

MIL-L-46152A equivalente a la SE de API.
MIL-L-46152B equivalente a la SF de API.
MIL-L-46152C equivalente a la SF de API.
MIL-L-46152D equivalente a la SG de API.

Otra importante especificación es la dictada por el Comité de Constructores del Mercado Común conocida con las siglas CCMC. Para determinar si un aceite las cumple, se den realizar varios ensayos con unas características muy determinadas.

Las especificaciones CCMC están ordenadas en series "G" y "D", correspondientes a motores de gasolina y diesel respectivamente. Estas siglas van acompañadas de un número que diferencia los distintos niveles de protección. Así pues, la "G1" equivale a la "SE" de API, la "G2" equivale a la "SF" y la "G3" es superior a la "SF".

2.3. Aceites para cajas de cambios y diferenciales

Para las cajas de cambios y diferenciales, además de los aceites de motor densos (desde SAE-40 a SAE-70), se usan los aceites negros espesos, las valvolinas rojas y verdes y, ya muy rara vez, las grasas blandas. Las valvolinas más conocidas son:

NOMBRE VULGAR	CEPSA	REPSOL CARTAGO	MOBILOIL	SHELL	CASTROL	CLASIFICACION AMERICANA DE LA SAE
FLUIDA	SAE 90	Cartago 90 EP	Mobilube CW y GX,90 (*)	Spirax EP. 80 Spirax EP. 90	ST. 80 ST.	80 90
ESPESA	SAE 140	Cartago 140 EP	Mobilube C y GX 140 (*)	Spirax EP. 140 Deutax 250	D Hi-pres (*) D. Heavy	140 250

(*) Tipos especiales para engranajes hipoides (Fig.3.11-2ªParte-).

2.4. Aditivos

Son sustancias que mejoran la calidad de los aceites y que los fabricantes incorporan a los mismos.
Se emplea el grafito coloidal, finamente pulverizado y el bisulfuro de molibdeno en suspensión coloidal.

Aunque existen en el mercado aditivos para incorporar a los aceites y a la gasolina, no se recomienda su empleo, los aceites homologados ya llevan incorporados aditivos y el empleo de mas añadidos ocasiona en muchos casos depósitos que estrechan las tuberías de circulación del aceite en el interior del motor. Se han desmontado motores en los cuales se han observado, en los conductos de engrase del cigüeñal, unas costras de restos adheridos a las paredes que dificultan la circulación del aceite y que son producidos por el empleo abusivo de aditivos.

3. SISTEMAS DE ENGRASE

Son varios los sistemas que se emplean:

- A presión o engrase por circulación forzada, es el más generalizado, porque permite dosificar la circulación del aceite y la evacuación del calor.
- A presión total, donde también se engrasa a presión el pie de biela.
- Por barboteo, ningún elemento del motor se engrasa a presión.
- Mixto, en el que sólo se engrasan a presión los apoyos del cigüeñal.
- Por cárter seco, porque el depósito de aceite está fuera del cárter.

Las partes que hay que lubricar en un motor se dividen en dos grupos: cigüeñal, árbol de levas, cabezas de biela y eje de balancines (engrasados bajo presión); camisas, pistones y sus ejes, levas y árbol de levas, distribución, colas de válvulas, empujadores y taqués, pie de biela, etc. (engrasados por barboteo).

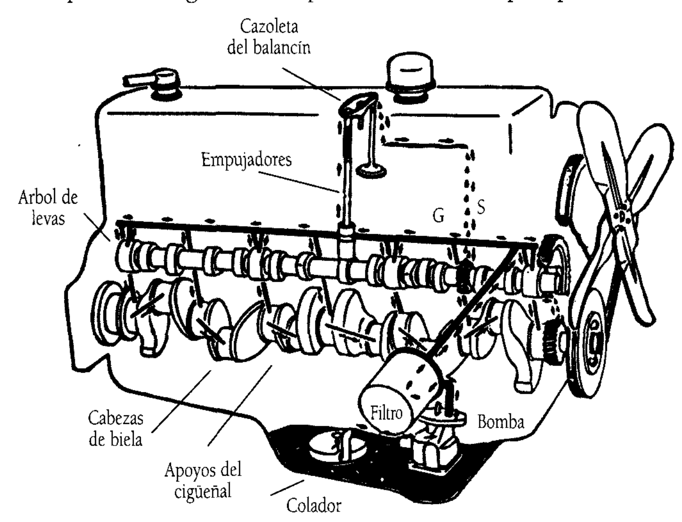
El cárter inferior (Fig.1.58), que sirve de depósito de aceite, lleva, a veces, unos tabiques internos, no completos, para contener los vaivenes del lubricante. Sumergida, en su interior, se encuentra una bomba de aceite, movida por un árbol vertical, desde el árbol de levas, que lo aspira por un flotador con colador, a través de un tubo articulado (para que pueda subir y bajar con el nivel), y lo envía por diferentes canalizaciones a realizar sus complejas misiones. Según el punto, hasta donde llegue canalizado a presión, así se denomina el sistema.

En todos los sistemas hay elementos del motor que se lubrican por la niebla aceitosa del cárter y por el poder de penetración y extensión de los aceites. Los taqués, cuya parte inferior siempre asoma al cárter (Fig.2.4), para apoyarse en las levas, se mojan en el aceite de la niebla, el cual sube por entre los taqués y sus guías y se extiende por las colas de éstas en cantidad suficiente para asegurar el engrase. Si las válvulas están en la culata, el lubricante que rebosa del eje de balancines también asegura por extensión el engrase de los vástagos.

En uno y otro caso, no conviene que el aceite pase en demasiada cantidad; por lo que, como ya se indicó al explicar la figura 2.10-2, se usan unos retenes de aceite, para evitar un exceso que, al descomponerse con el calor, forme "gomas" pegajosas y carbonilla.

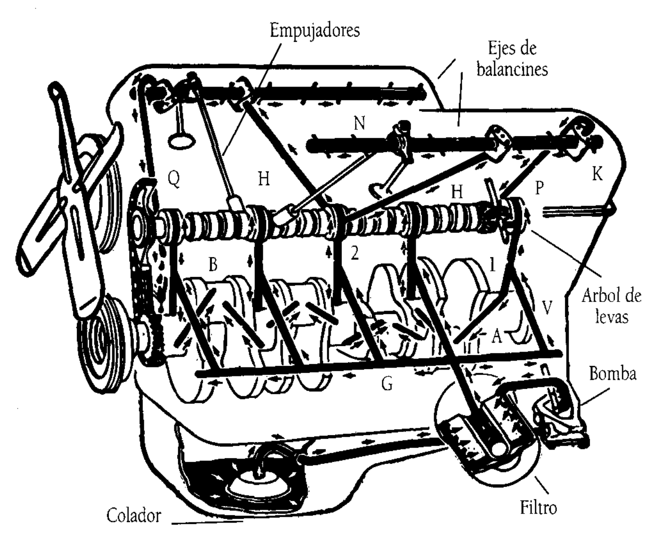
3.1 Engrase a presión

Su fundamento se expone esquemáticamente en la figura 3.2. La bomba aspira el aceite del cárter a través de un flotador con "colador" sumergido, y lo envía a presión al filtro (seguir las flechas), de donde sale depurado a la galería de reparto G. Desde ésta pasa por unos tubos tipo 1 a lubricar los apoyos del cigüeñal (el motor es un seis cilindros con siete cojinetes), y el aceite sobrante sigue por unos conductos practicados en los codos del cigüeñal (que se ven en detalle en las figuras 3.5 y 3.23) a las cabezas de biela. Desde G otros tubos tipo 2 llevan lubricante a los apoyos del árbol de levas, el que rebosa del delantero chorrea sobre el engranaje o cadena



Esquema del engrase a presión (motor OHV con balancines de cazoleta).

Figura 3.2.



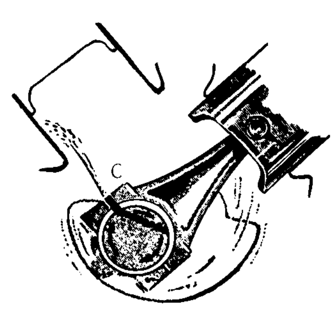
Engrase a presión en un motor OHV de ocho cilindros en V con eje de balancines.

Figura 3.3.

de la distribución. Con balancines tipo cazoleta, la galería G da paso a los taqués, aceite que sube por el interior de los empujadores huecos y pasa a la cazoleta del balancín (véase la figura 2.41), aceite que rebosa por la otra punta y lubrica las guías de válvulas, etc. El sobrante cae por S al engranaje que, en el árbol de levas, da movimiento a la bomba y también al delco o distribuidor del encendido.

Si los balancines son del tipo clásico, montados sobre un eje (Fig.3.3), que representa un motor de ocho cilindros en V, el procedimiento es el mismo hasta los balancines: flotador con colador, bomba, filtro, galería, tubos 1 y 2 a los apoyos del cigüeñal y del árbol de levas, y conductos en los codos para lubricar las cabezas de biela. La diferencia está en que los empujadores no suben el aceite, pues éste va desde uno o varios soportes del árbol de levas por unos tubos H al interior hueco del o de los ejes de balancines, y de ahí pasa por orificios (marcados con rayitas) a cada uno de los balancines. El aceite sobrante baja por el tubo P a lubricar el engranaje que mueve la bomba de aceite (y el delco), y por el tubo Q al cárter de la distribución.

El lubricante rebosa por los bordes de todos los apoyos, a los que llega a presión; el movimiento de las bielas y codos lo salpica formando la densa niebla aceitosa que engrasa el resto del motor. Las paredes de los cilindros y la parte inferior de los émbolos (para que llegue al bulón del pie de biela), se lubrica expresamente con el aceite que sale proyectado a presión por los orificios de los cojinetes (Fig,s.1.14 y 1.27), adecuadamente orientados para ello, como se ve en C (Fig.3.4), para el caso de un ocho cilindros en V. Este chorrito no es continuo, sino que se produce en el momento oportuno, al coincidir el orificio C de la biela con el de llegada al codo.



Desde la cabeza de biela se engrasan las paredes del cilindro y fondo del émbolo.

Figura 3.4.

El cojinete trasero del cigüeñal lleva, generalmente, un dispositivo 6, (Fig.3.37) para evitar que el aceite de su engrase se vaya hacia el embrague. Para ello, el apoyo lleva un disco rodeado por un aro en uña, de tal modo que el aceite que rebosa del cojinete choca con el disco, haciéndolo caer al cárter. Si parte del aceite se marchara del disco, la forma del aro en uña lo recogería para hacerlo regresar de la misma manera al cárter.

En la figura 3.5 se detalla el caso para un motor con árbol de levas en la culata (OHC), mandado por eje-rey. El camino seguido por el lubricante se señala con flechas. El aceite es aspirado por la bomba desde el cárter a través del colador. La bomba lo hace pasar forzado por el filtro, desde donde sigue a engrasar los apoyos del cigüeñal y, por los taladros internos de éste, las cabezas de biela. Por el tubo T se envía aceite a presión a los cojinetes del árbol de levas; en este caso es hueco, y su interior se usa como tubo de reparto; desde él se lubrican los balancines. El aceite que sobra baja al cárter por la cámara del eje-rey (o de la cadena si éste fuese el medio de mover el árbol de levas), lubricando todos los engranajes y apoyos, como se señaló en el vertedero en la figura 2.14, y como se ve en 14 de la figura 3.23. El aceite que rebosa de la cabeza de biela (Fig.3.5) salpica y engrasa las paredes del cilindro y el bulón.

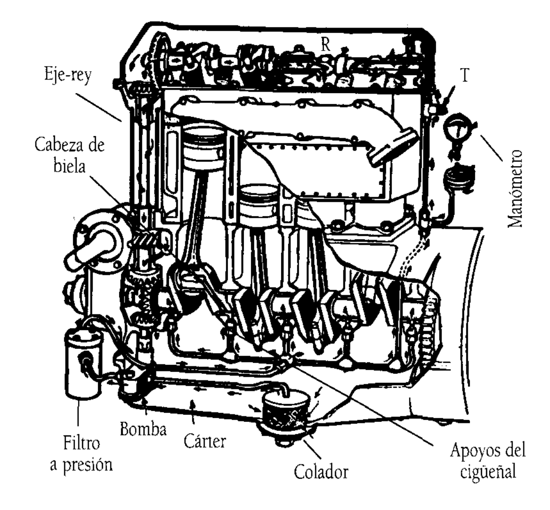


Figura 3.5.

Con el tornillo T se gradúa la cantidad de aceite que llega a la culata. El tubo que llega al manómetro, se saca de modo que éste señale la presión con que el aceite engrasa el motor, y no la presión que da la bomba. Esto tiene por objeto que, si el filtro se obstruye y no pasa aceite, el manómetro no marca (aviso al conductor), aunque la bomba esté dando en ese momento una presión grande.

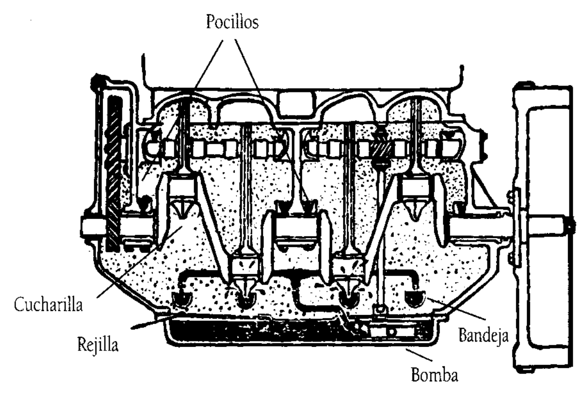
3.2. Engrase a presión total

En este sistema, que no es muy usado, no sólo se lubrica a presión la cabeza de biela, sino que desde ella se conduce el aceite, a presión, hasta el bulón, bien por un tubito adosado al cuerpo de la biela, o bien por el interior de ésta, si es hueco o tiene un conducto. El árbol de levas también se engrasa a presión.

La niebla aceitosa, que siempre se forma, lubrica las paredes del cilindro (que a veces son engrasadas por el aceite que rebosa del eje del bulón), y pasa a la distribución.

3.3. Engrase por barboteo

La bomba mecánica (Fig.3.6), situada como casi siempre en el fondo del cárter y sumergida en la masa de aceite, eleva éste por los tubos dibujados hasta las bandejas, una debajo de cada biela, donde el nivel resulta constante aunque varíe el del aceite de la masa del cárter. La cabeza de biela lleva la cucharilla en la forma explicada en la figura 1.27, de modo que con ella se asegura su engrase y al mismo tiempo salpica en todas direcciones el aceite, formándose en el interior del cárter una espesa niebla que moja abundantemente las paredes; en éstas hay unas ranuras inclinadas y canales donde se recoge el aceite que resbala y se hace llegar a los pocillos, donde, por unos agujeros que llevan en su fondo, pasa a engrasar los cojinetes G del cigüeñal, del árbol de levas, engranajes, etc. Las paredes del cilindro se lubrican, como en todos los sistemas, por la niebla aceitosa, y a veces el pie de biela (Fig.3.7) por un orificio A, al que cae el aceite que gotea del nervio interior del pistón.

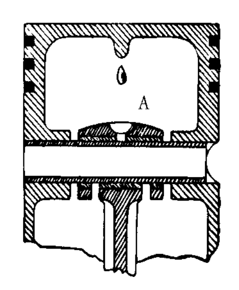


Esquema del engrase por barboteo
Figura 3.6.

Otras veces el engrase del bulón se consigue, como ya se dijo, por el aceite que el segmento rascador envía al cárter a través de los orificios de engrase de la figura 1.24.

El aceite que regresa al cárter puede pasar por una rejilla (Fig.3.6), que además de colarlo y separar las materias gruesas que pueda llevar, frena los vaivenes del aceite provocados por la marcha del vehículo.

Cuando las cucharillas eran macizas y sólo servían para realizar la salpicadura, las cabezas de biela se lubricaban por el aceite que recogían otros pocillos practicados en ellas, en la misma forma explicada para los cojinetes del cigüeñal.

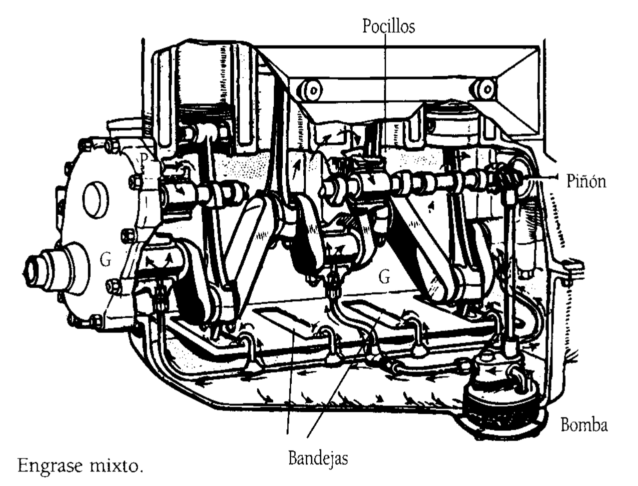


Engrase del pie de biela.
Figura 3.7.

3.4. Engrase mixto

Se diferencia del anterior en que el aceite es llevado por la bomba, además de a las bandejas (Fig.3.8), hasta los cojinetes G del cigüeñal, en los que penetra a presión y reparte en su superficie, rebosando por los bordes hacia el cárter. Las cabezas de biela se engrasan por cucharillas, desde las bandejas, y el árbol de levas por pocillos.

Obsérvese, en todas las figuras, que la bomba de aceite (de tipo de engranajes, como es lo general) está mandada por un eje vertical que recibe su movimiento desde un piñón del árbol de levas.



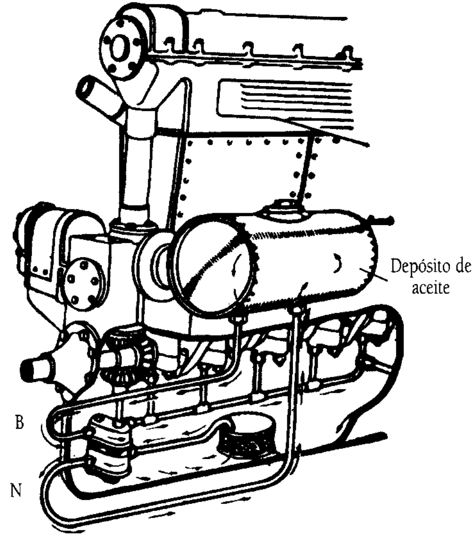
Engrase mixto.
Figura 3.8.

3.5. Engrase por cárter seco

Poco empleado en automóviles, se usa más en motocicletas y motores de aviación. Su principal característica es que el depósito de aceite (Fig.3.9), está situado fuera del cárter; una tubería lo lleva por gravedad a la bomba B, que lo reparte por el sistema de presión total a todos los órganos a lubricar. La niebla aceitosa se forma

igual que en los casos anteriores, aunque es menos densa; el aceite que rebosa de los cojinetes y el que resbala por las paredes, caen al fondo del cárter, donde una segunda bomba N lo recoge y envía por otro tubo, nuevamente al depósito.

Este sistema tiene la ventajas de que: mantiene siempre en carga la aspiración de aceite de la bomba B, permite llevar en el depósito mayor cantidad que en el cárter, se puede colocar el filtro en el interior, y además, el enfriamiento del lubricante y el que éste produce, se hace en mejores condiciones que yendo en el interior del motor.



Engrase con cárter seco.

Figura 3.9.

3.6. Engrase con radiador de aceite

El motor Volkswagen, de cuatro cilindros horizontales opuestos (de la figura 1.60), tiene el engrase que diseña la figura 4.2. del Capítulo de Refrigeración: el aceite es aspirado del cárter, a través del colador, por la bomba de engranajes montada en el propio árbol de levas, y se envía a presión por el tubo G al radiador de aceite, situado bajo la coraza o carcasa. El aire para la refrigeración del motor lo proporciona la turbina sopladora (como se explicará más adelante), y antes de ir a enfriar los cilindros refresca el aceite que circula por el radiador. El lubricante sale así más frío al tubo N, desde donde pasa a los apoyos y codos del cigüeñal, cojinetes del árbol de levas y, desde éste, por los empujadores, a los balancines y guías de válvulas.

4. LA BOMBA DE ENGRASE

Ya se ha comentado que, para obtener la presión de engrase, se monta una bomba en el circuito, cuya misión es aspirar el aceite en el cárter inferior y dirigirlo, bajo presión, a través de las canalizaciones, hacia los elementos a engrasar.

Existen diferentes tipos de bombas: de engranajes, de rotor, de paletas y de émbolo.

4.1. Bomba de engranajes

Está formada (Fig.3.10) por dos ruedas dentadas; la R, que recibe el movimiento, cuando el motor gira, por un eje vertical, casi siempre desde el árbol de levas, y hace girar (arrastra) a la rueda L, que está loca sobre su eje. Al girar ambas ruedas, sus dientes aspiran y toman el aceite por el tubo de entrada y lo transportan a lo largo de las paredes interiores entre los dientes y las paredes del cuerpo de la bomba (caja), hasta empujarlo a presión por el tubo de salida. La presión del aceite, que varía en función del régimen de rotación del motor y de la viscosidad del aceite, es mantenida (en un valor de unos 3 Kg./cm2 a 3.000 rpm.), con la válvula de descarga.

El funcionamiento seguro y la solidez del aparato, han hecho este tipo de bomba de empleo general.

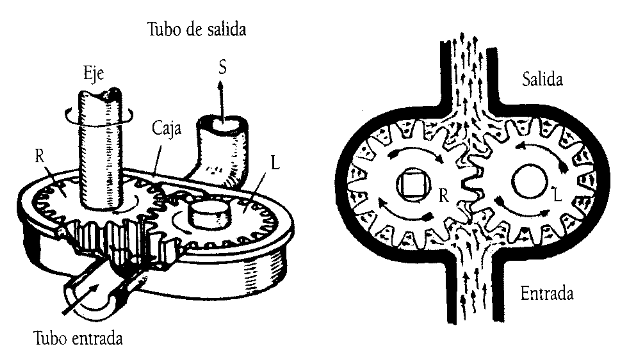


Figura 3.10.

4.2. Bomba de rotor

La bomba de rotor es también de engranajes, pero internos (Fig.3.11). El cuerpo de la bomba (fabricado, generalmente, de fundición) ubicado en el cárter de cilindros y cubierto por debajo por una tapa, lleva en su interior el anillo loco con su eje excéntrico, en cuyos entrantes interiores engrana el rotor que tiene un saliente menos. El eje del rotor, que recibe el movimiento desde el árbol de levas, se une por un pasador al piñón.

Su funcionamiento, montada la bomba, es el siguiente: al girar el rotor arrastra al anillo loco (ambos giran en el mismo sentido), y como aquél tiene un diente menos se forma el hueco creciente 1, que se llena de aceite (fase de aspiración), y cuando disminuye el hueco, como en 2 (fase de compresión), el lubricante es expulsado a presión, de forma parecida a la bomba de engranajes exteriores. La holgura máxima tolerable entre el rotor y el anillo loco es de tres décimas de milímetro.

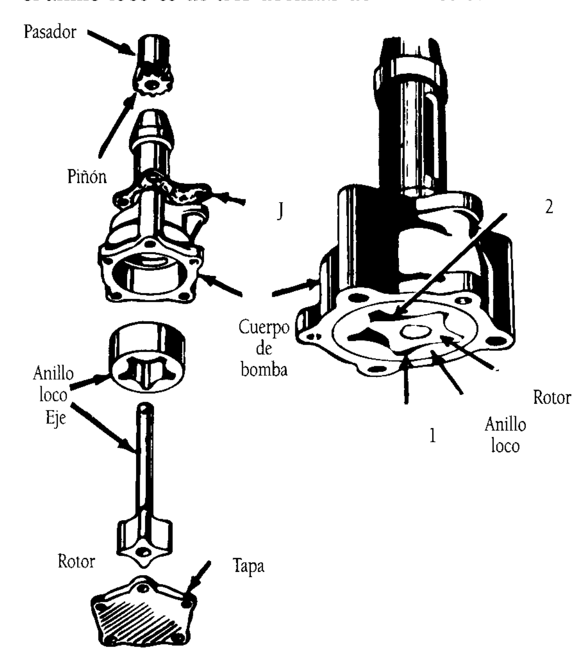


Figura 3.11.

4.3. Bomba de paletas

Se compone (Fig.3.12) de un cuerpo de bomba cilíndrico, en cuyo interior se mueve un rotor excéntrico, ranurado diametralmente y arrastrado por el motor según el sentido de la flecha. Esta ranura recibe dos paletas deslizantes, siempre tendiendo a separarse por la acción del resorte que las ciñe contra las paredes de la bomba. Al girar el rotor excéntrico, la paleta, por su izquierda, va haciendo el vacío aspirando el aceite que llega por el tubo de entrada, mientras que por su derecha empuja a presión, por el tubo de salida, el aceite recogido antes por la otra paleta. El desgaste de éstas, en su frotamiento con las paredes del cuerpo de la bomba, es compensado por la acción del mismo resorte.

4.4. Bomba de émbolo

La bomba de émbolo, en su forma corriente (Fig.3.13), consta de un cuerpo cilíndrico con pistón, que recibe movimiento por una biela desde una excéntrica o manivela, en el árbol de levas o cigüeñal. En el fondo del cilindro hay dos válvulas de bola con sus resortes: al subir el pistón aspira aceite del cárter por el tubo de entrada, que se abre por la succión; al bajar el émbolo, la presión del aceite en el interior del cuerpo de la bomba, cierra el orificio de entrada y abre el de salida, por donde sale a las canalizaciones de engrase.

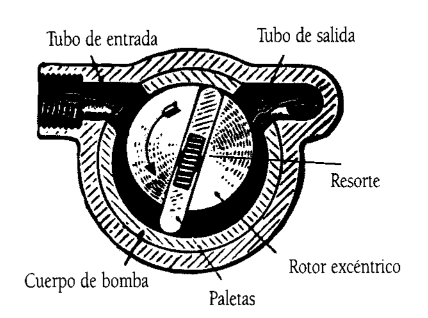


Figura 3.12.

4.4.1. Bomba de émbolo con resorte

En éste otro tipo de bomba (Fig.3.14), menos usado, el movimiento del pistón se manda por una excéntrica y un muelle. Al girar la excéntrica, en el árbol de levas o en el cigüeñal, se mueve el émbolo hacia la derecha (posición de la figura) y al hacer el vacío en el cuerpo de la bomba, levanta la válvula de bola (cuyo resorte no se dibuja para mayor claridad) y aspira aceite por la tubería de entrada. Al obligar la excéntrica, en su giro, a meterse el pistón hacia la izquierda, venciendo al muelle, el aceite del cuerpo de la bomba oprime a la válvula de bola sobre su asiento, pero fuerza al resorte de la otra válvula S, y el lubricante pasa a la tubería de presión, como indican las flechas.

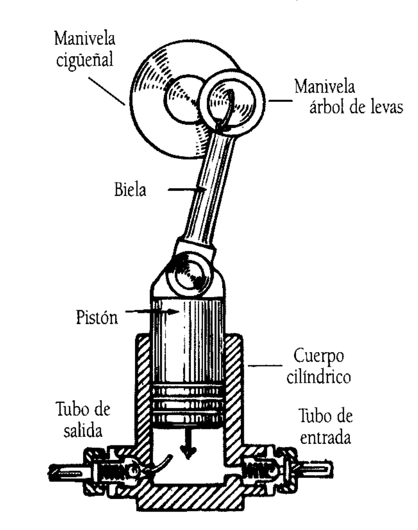


Figura 3.13.



5. MANÓMETRO

5.1. Manocontacto de presión de aceite. Manómetros eléctricos

En la tubería principal, se coloca roscado un manocontacto de presión (Fig. 3.15). Recibe la presión de aceite del circuito principal, que actúa sobre una lámina o membrana que a su vez actúa sobre el cursor de un reostato (resistencia variable), conectado a una lámpara de aviso situada en el cuadro de instrumentos del conductor, que se enciende cuando la presión es insuficiente, porque está conectada a la batería de acumuladores del vehículo a través de la llave de contacto.

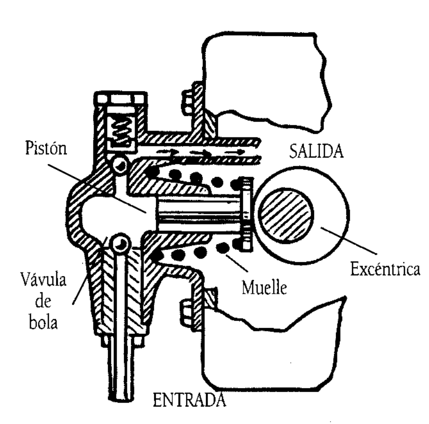


Figura 3.14.

En el detalle A de la misma figura se observa que la lámpara se ha sustituido por un manómetro eléctrico de presión situado en el tablero de instrumentos. Recibe la información del manocontacto descrito anteriormente, situado en la tubería principal de aceite.

1 Kg./cm² = 1 atmósfera = 10 mts. de agua = 14 libras / pulgada cuadrada.

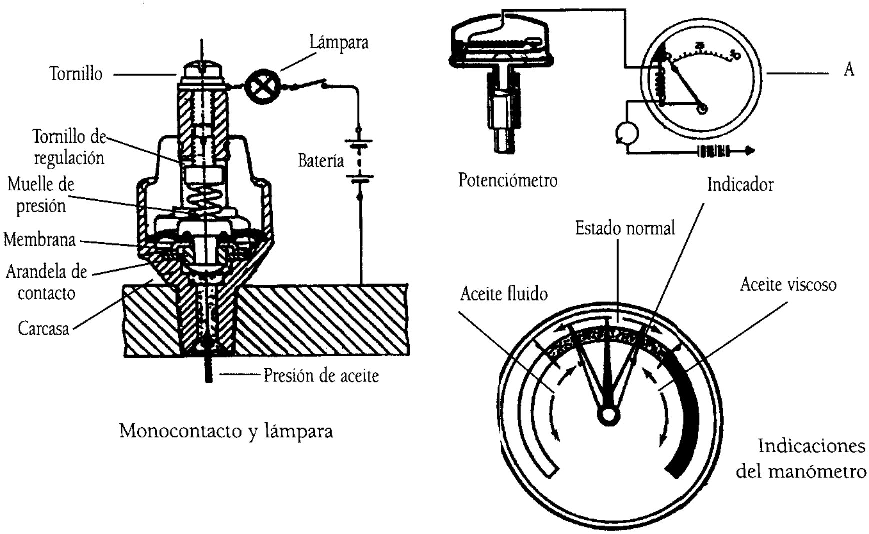


Figura 3.15.

6. VÁLVULA DE DESCARGA

Con las bombas volumétricas precedentes, la presión del aceite depende del régimen de rotación del motor y de la viscosidad del aceite.

La bomba tiene la ventaja de que cuanto más deprisa gira el motor, más cantidad de aceite envía a la tubería de carga y a las partes a lubricar; pero no conviene que aumente demasiado la presión ya que produciría, al pasar mayor cantidad de lubricante, un exceso de engrase, un gasto inútil de aceite, la formación de depósitos carbonosos en los cilindros y las válvulas, y la posibilidad de que se deteriorara la bomba o se rompiera el sistema de arrastre de la misma.

Por otra parte, a medida que se desgastan los cojinetes, el aceite sale por ellos con más facilidad (Fig.3.35), de modo que hace falta una mayor presión de salida en la bomba para compensar la que se pierde por los aumentos de fugas, en el recorrido del aceite.El manómetro no indica la presión con que la bomba manda el aceite, sino la presión de éste en su recorrido.

Por ambas razones, se suele disponer un limitador de presión, la válvula de descarga, que permite: por una parte, descargar al cárter el sobrante de aceite, cuando el aumento de velocidad hace excesiva la presión, y por otra, regular la presión, ajustándola al estado de las posibles holguras del motor.

La válvula de descarga (Fig.3.16), va situada a la salida de la bomba o en un punto próximo de la canalización. El aceite que viene a presión por A, sigue por B al motor; pero si la presión es excesiva, vence el resorte del pequeño pistón (que puede ser una simple bola), deslizándose éste hacia la derecha y descubriendo más o menos el tubo G, por el que el exceso de aceite se va libre y directamente al cárter. En algunos motores (como Ford), se vierte este exceso sobre los engranajes de la distribución, para lubricarlos mejor.

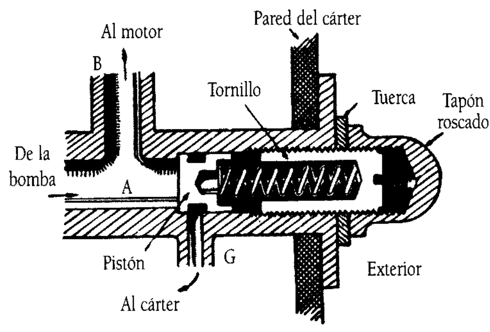


Figura 3.16.

La tensión del resorte, de cuyo tarado depende la presión máxima, se gradúa de modo que el manómetro marque siempre la presión normal, realizándose por medio de un tornillo (generalmente se puede hacer girar desde fuera del cárter), que se fija con una tuerca, y se cubre, a veces, con un tapón roscado.

En la figura 3.23, se ve un moderno sistema de engrase a presión, con la situación relativa del manómetro 1 y de la válvula de descarga 11, donde se aprecia como esta última, vierte el sobrante al cárter por el tubo 18.

7. EL FILTRO DE ACEITE

Generalmente, la bomba aspira, el aceite del cárter, a través de una rejilla de malla metálica; aunque este colador (filtro de aspiración, que retiene las impurezas más sólidas) realiza un primer filtrado, la palabra filtro se aplica mejor a los depuradores especiales que se colocan a la salida de la bomba, bien en la tubería general, filtrando toda la circulación (Fig.3.5), o en una tubería derivada (Fig.3.19), reteniendo en ambos casos las partículas más pequeñas.

El filtro, contenido en un cartucho de chapa, generalmente de papel o tejido de algodón, se monta en serie o en paralelo (derivación).

En definitiva, el objeto es despojar al aceite de la mayor cantidad posible de carbonilla y demás suciedades, así como de todas las limaduras metálicas, convertidas en polvo metálico, que resultan del rozamiento de unas piezas con otras. Por consiguiente, éstas deben eliminarse de la circulación, o bien cambiar el aceite muy a menudo, para que no actúe como esmeril, provocando un desgaste cada vez más intenso y rápido.

7.1. Filtrado total o directo

La bomba (Fig.3.17), recoge el aceite del cárter, a través del colador flotante, para enviarlo hacia la válvula de descarga y, por la tubería de entrada E, al filtro. Dentro de éste, pasa de fuera a dentro a través de la materia filtrante F, para salir por S a los conductos de engrase del cigüeñal, etc.

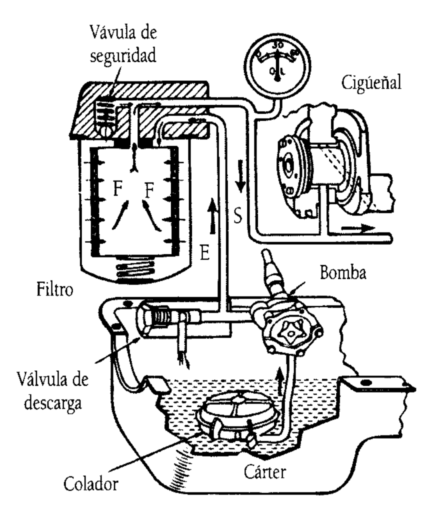


Figura 3.17.

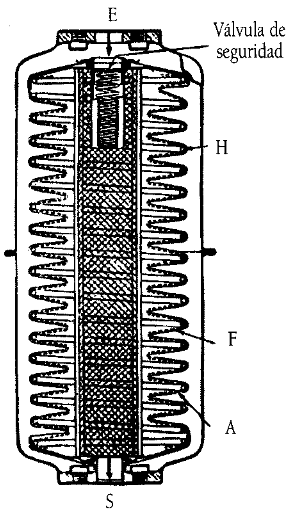


Figura 3.18.

El filtro propiamente dicho consiste, modernamente, en una lámina de material textil o plástico poroso (llamado "papel filtrante", aunque no es precisamente de papel corriente), que se dobla en forma de acordeón, para que presente mucha superficie al aceite, a cuyo paso opone así poca resistencia. Si se obstruyera por suciedad o avería, al desaparecer el aceite que debiera ir a engrasar, la presión del que llega, abriría la válvula de seguridad, dando paso directo de E a S, con lo que se previene y evita la falta de engrase.

La figura 3.18 muestra el detalle de un filtro para este sistema: el aceite entra por E y rodea el acordeón formado por la espiral de alambre H, que sostiene el armazón de rejilla A, sobre la que va la capa filtrante F. Forzado por la presión con que llega, el lubricante pasa al interior del cartucho, saliendo por S. Si se obstruye el filtro, la diferencia de presión de entrada y salida, que se anula si no pasa el aceite, empuja la válvula de seguridad, con lo que el lubricante pasa directo de E a S; no hay filtrado, pero el engrase continúa.

La ventaja del filtrado total es que el aceite que se envía en todo momento a los cojinetes, acaba de pasar por el filtro y está lo más limpio posible. A este sistema, el más empleado actualmente, pertenecen las figuras 3.2 y 3.3.

7.2. Filtrado parcial

Este tipo de filtrado (Fig.3.19), consiste en tomar una derivación del aceite a presión en K, antes de ir a los puntos de engrase, y hacer pasar esta circulación parcial a través de un filtro corriente (en la figura, es del sistema de acordeón, pero sin válvula), regresando el aceite "limpio" por el tubo S al cárter.

De este modo, si el filtro se atasca, el engrase no se altera ni depende de ninguna válvula de seguridad, como en el filtrado total. Pero en tal caso, es como si no llevara filtro, y aunque funcione bien, el aceite nunca está limpio del todo, pues el que pasa a lubricar contiene aceite sucio del cárter más una parte limpia que viene del filtro. El resultado, lógicamente, es bastante mejor que si no hubiera filtro, tanto que si el aceite es de buena clase dura el doble; pero se comprende que el sistema de filtrado total es superior.

Es muy importante en este sistema de filtrado parcial que, si se saca el filtro o se queda sin la materia filtrante, no se haga funcionar el motor; pues al no existir la resistencia del filtro, el aceite pasa con facilidad y se irá por ahí todo el que impulsa la bomba, dejando sin lubricar los cojinetes. Si se tuviera que circular con el automóvil en estas condiciones, debe obturarse la entrada al filtro.

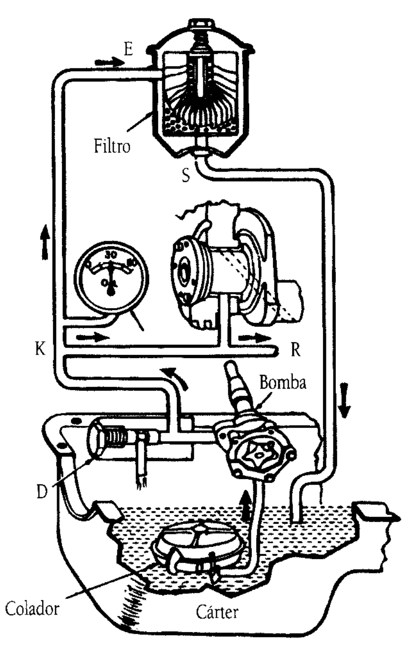


Figura 3.19.

7.3. Otros tipos de filtros

7.3.1. Filtro de cartucho

Otro modelo corriente de filtro es el de la figura 3.20, en el que el aceite entra por E, atraviesa forzado un cartucho F, de materia esponjosa depuradora, y sale por el tubo central S.

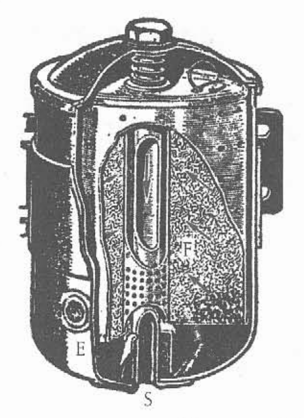


Figura 3.20.

7.3.2. Filtro mecánico

También se usa el filtro mecánico de la figura 3.21. El aceite llega por E y ocupa el espacio AA, alrededor de la pila cilíndrica de discos metálicos, separados entre sí por otras láminas finísimas que tienen solamente los brazos de la estrella. El conjunto se mantiene apretado por dos varillas, una de ellas visible. De esta forma, las partes circulares exteriores de los discos están separadas por el espesor de estas delgadísimas láminas en estrella, y por esos intersticios pasa el aceite a los huecos en blanco de los que salen las flechas S, que indican el camino de retorno del lubricante. El aceite es materialmente filtrado a su paso por entre los discos, en cuyas leves separaciones se quedan las impurezas.

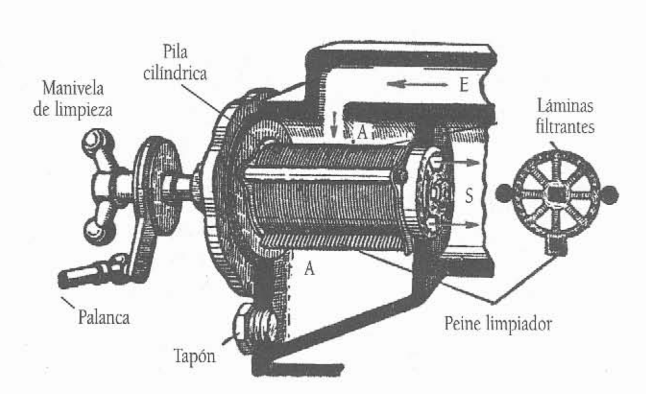


Figura 3.21.

La ventaja de este tipo de filtro es que la materia filtrante no hay que cambiarla y su limpieza es sencilla, pues dando vueltas a la manivela exterior se hace girar al armazón, a modo de peine de púas, que barre los citados intersticios. Las suciedades caen al fondo del depósito A, de donde se sacan, de cuando en cuando, por un tapón.

El "peine limpiador" puede ser mandado por una palanca unida al pedal de embrague o al de arranque, de modo que cada vez que se pisan, automáticamente queda limpio el depurador de aceite. Este tipo de filtro es apto para el filtrado total.

Hay un tipo muy particular de filtro de aceite (Fig.3.22), llamado depurador centrífugo, que comenzó a usarse después del año 1960, por varias marcas (Simca, Fíat), que en realidad no filtra, sino que por fuerza centrífuga separa las partículas metálicas, carbonilla, etc., que son más densas que el aceite(5).

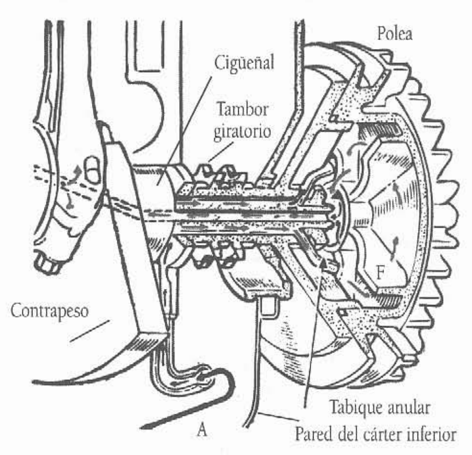


Figura 3.22.

7.4. Conservación y limpieza de los filtros

En todos los casos el filtro se va obstruyendo poco a poco. Si es de "papel", en forma de acordeón, puede intentarse lavar con petróleo cada vez que se cambia el aceite, y quizá dure dos o tres veces más; pero no es recomendable hacerlo, lo mejor es poner un "papel" o elemento filtrante nuevo al renovar el lubricante. Si es de material poroso grueso, como el de la figura 3.20, normalmente no se podrá lavar, debiendo reponerse entre los 12 y 16.000 kilómetros, salvo indicación concreta del fabricante. Con los aceites de larga duración (de 8 a 10.000 Km.), se deben renovar al mismo tiempo aceite y filtro.

Cuando el filtro está compuesto por varias telas metálicas, a modo de cedazo fino, cada vez que se cambie el aceite se lavan con petróleo o gasolina, frotando las mallas filtrantes con un cepillo.

8. ESQUEMATIZACIÓN DEL ENGRASE

Para resumir gráficamente, con el mayor detalle, el sistema de lubricación del motor, en la figura 3.23 se esquematiza un supuesto práctico de un motor. El aceite se representa en azul, y la leyenda explica la instalación, que corresponde a un caso de filtrado parcial o en derivación. La figura 3.24 corresponde a otro esquema de engrase con radiador de aceite. En la figura 3.26., se puede observar una instalación moderna de engrase del motor 1,9 JTD, del FIAT PUNTO 99'. Se pueden señalar los surtidores 6, que lubrican las camisas de los cilindros a presión y el intercambiador de calor agua-aceite 4, para refrigerar el aceite.

9. NIVEL DEL ACEITE

Aunque la forma de trabajar de la bomba, induzca a pensar que el engrase se realiza independientemente del nivel del aceite en el cárter, es necesario comprobarlo con frecuencia, pues a medida que se consume aceite, porque pasa parte a los cilindros y se quema en ellos, el que queda va acumulando las impurezas, carbonilla y demás residuos, que disminuyen su poder lubricante y además de disponer de menor cantidad para el trabajo que tiene que realizar, no se llega a enfriar lo necesario y su temperatura va subiendo, en perjuicio de la viscosidad o poder de hacer una película resistente al calor y a la presión; por último, acabaría por fallar la bomba en algunos momentos, primero según los vaivenes del vehículo, y luego constantemente. El engrase, por todo ello, se haría cada vez peor hasta resultar ineficaz.

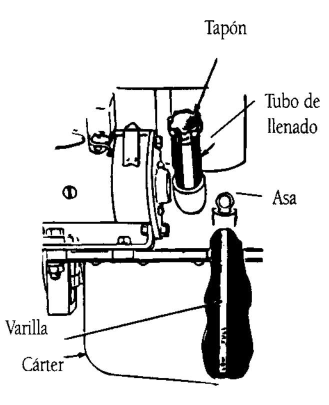
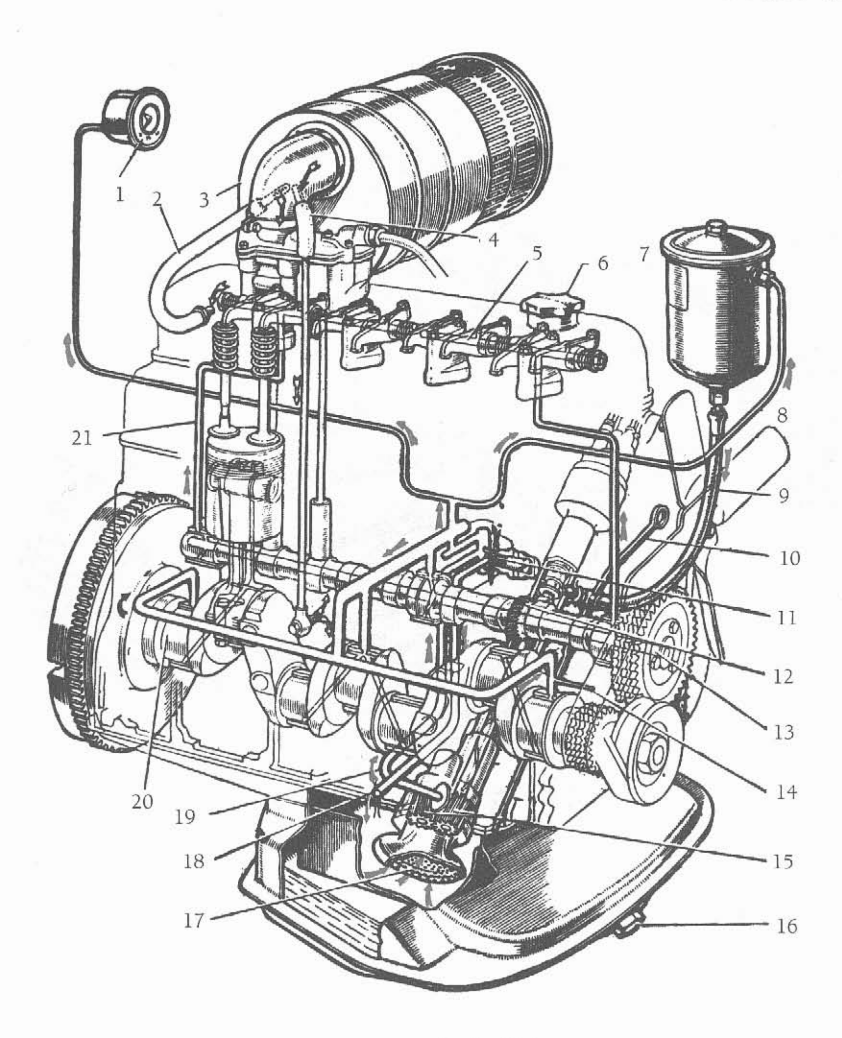


Figura 3.25.

Para medir el nivel del aceite, casi todos los motores (Fig.3.25) llevan una varilla indicadora, introducida en el interior del cárter y con un asa en el exterior, en la que están marcados, con trazos o muescas, los niveles máximo y mínimo tolerables. En los automóviles ingleses y americanos, las marcas suelen venir acompañadas de las palabras "Low" (bajo) y "Full" (lleno).

Como la niebla aceitosa tiene bañada la varilla en toda su longitud, para comprobar el nivel, es preciso que el automóvil esté sobre un piso horizontal, y con el motor parado, sacarla y limpiarla con un trapo; a continuación, se vuelve a meter y sacar, indicando ahora "la mancha" el punto de nivel exacto.

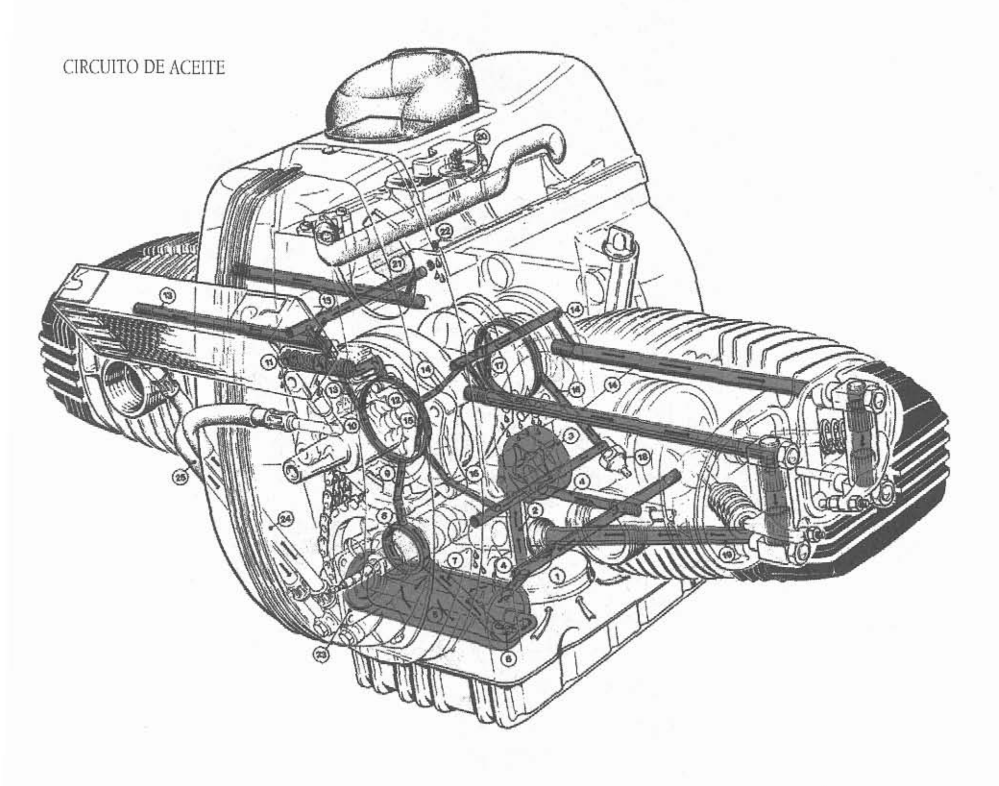
Otros motores tienen un flotador, que asoma al exterior una varilla, para indicar directamente el nivel.



1. Manómetro.
2. Tubo para la aspiración del aire y de los vapores del aceite desde el interior del motor.
3. Filtro del aire y silenciador de la aspiración.
4. Tubo para su paso al cárter del aire de su ventilación.
5. Eje de los balancines.
6. Orificio para llenado de aceite.
7. Filtro del aceite (derivado o sistema parcial).
8. Tubo de envío del aceite al filtro.
9. Tubo de regreso del aceite ya filtrado hasta el cárter.
10. Varilla medidora del nivel de aceite.
11. Válvula de descarga.
12. Engranaje de mando de la bomba de aceite.
13. Arbol de levas.
14. Tubito para la lubricación de la cadena de la distribución.
15. Bomba de aceite.
16. tapón para vaciar el aceite del cárter.
17. Colador de aspiración de la bomba de aceite.
18. Tubo de rebose de la válvula de desgaste.
19. Tubo de envío del aceite desde la bomba a los distintos órganos del motor.
20. Cigüeñal.
21. Conducto de envío de aceite al eje de balancines (otro igual en el extremo delantero).

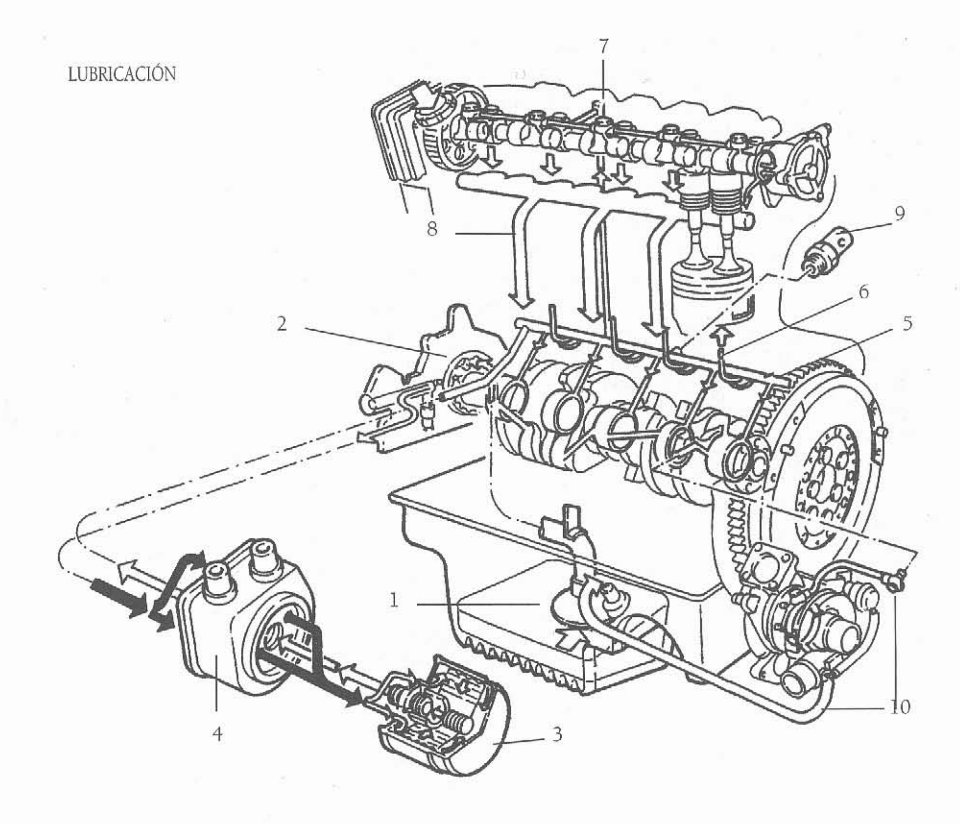
Engrase a presión en un motor con válvulas en cabeza, mandadas por balancines (Fiat y Seat).

Figura 3.23.



1. Campana de aspiración de aceite en el cárter.
2. Conducto ascendente hacia la bomba de aceite.
3. Bomba de aceite Eaton.
4. Conducto distribuidor de presión hacia microfiltro de aceite.
5. Filtración del aceite desde afuera hacia adentro a través del cartucho (al tener radiador de aceite como equipo especial el aceite prosigue hacia éste).
6. *Válvula en derivación (bypass) - vía directa cuando el filtro está obstruido.*
7. Conducto de presión hacia el árbol de levas delante.
8. Conducto anular en la brida del árbol de levas (talando Ø 2,5 mm para lubricación del árbol de levas).
9. Conducto de presión hacia la tapa de cojinete del cigüeñal (lubricación del cojinete de bancada delantero).
10. Conducto anular con salida (16) hacia el cojinete de bancada posterior y válvula de descarga (11).
11. Vávula de descarga (abre más de 5 bar).
12. Carcasa semicojinete delantera del cigüeñal con salidas hacia la culata derecha (13) e izquierda (14).
13. Conducto hacia la culata derecha (para lubricación de los cojinetes de los balancines y de los vástagos de válvulas).
14. Conducto hacia la culata izquierda (para lubricación de los cojinetes de los balancines y de los vástagos de las válvulas).
15. Conducto (taladro) en el cigüeñal hacia el cojinete de la biela izquierda.
16. Conducto hacia el interruptor manométrico de aceite y hacia el cojinete de bancada posterior.
17. Conducto (taladro) en el cigüeñal hacia el cojinete de la biela derecha.
18. Interruptor manométrico de aceite.
19. *Retorno de aceite al cárter pasando por los tubos protectores de los empujadores.*
20. Válvula de desaireación de la bancada.
21. Espacio de estabilización o reposo para la desaireación de la bancada.
22. Taladro de retorno en el espacio de estabilización Ø 1,5 mm.
23. *Cabezal del filtro de aceite (al tener radiador de aceite como equipo especial, con válvula reguladora comandada termostáticamente).*
24. Tubería de avance (al tener radiador de aceite como equipo especial).
25. Tubería de retorno (al tener radiador de aceite como equipo especial).

Figura 3.24.



1. Filtro de aspiración.
2. Bomba de aceite.
3. Filtro de aceite.
4. Intercambiador térmico agua/aceite.
5. Tubería principal de lubricación.
6. Surtidores.
7. Tubería de lubricación del eje de levas.
8. Retorno de aceite al cárter.
9. Contactor de presión de aceite motor.
10. Tuberías de lubricación de turbocompresor (únicamente para el motor 1.9 JTD).

Figura 3.26.

10. TEMPERATURA DEL ACEITE

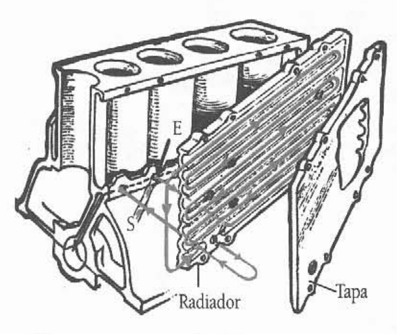
La temperatura del aceite en el cárter no debe pasar de unos 80°, para evitar un adelgazamiento excesivo del mismo; tampoco conviene, en tiempo frío, que baje demasiado aquélla y se espese o se congele, porque circularía con dificultad por las tuberías en las primeras vueltas del motor.

Para refrigerar el aceite, algunos automóviles llevan en el mismo radiador del agua o en montaje análogo (véase Z en la figura 1.61, refrigeración por aire), unos tubos con aletas, por cuyo interior circula el flujo de aceite procedente de la bomba, de modo que antes de pasar a las tuberías de engrase es enfriado por la corriente de aire del ventilador. Cuando la presión de la bomba es grande, síntoma normal de que el aceite está espeso (aceite frío),

una válvula da paso directo al mismo hacia el circuito de engrase. En el momento que se adelgaza, con el calor, y la presión baja a la usual de servicio, la válvula se cierra y todo el flujo lubricante ha de pasar por su radiador.

Otras veces el cárter lleva estriado su fondo exterior (Fig.1.56), para que el aire de la marcha refrigere el aceite que va dentro, solución más sencilla.

Por el contrario, cuando trabaja el vehículo en zonas de inviernos crudos, conviene que el aceite se caliente cuanto antes para que circule pronto con fluidez por los conductos de engrase. Para ello, se emplean radiadores en contacto con el agua de refrigeración. La figura 3.26.1 muestra cortado un sistema para camiones: el bloque de cilindros lleva al costado una tapa que permite poner en contacto con las camisas de agua un radiador, por cuyos tubos circula el aceite que llega de la bomba por E. Como el agua que rodea los cilindros se calienta rápidamente (no pasa a enfriarse al radiador porque éste estará tapado o no la dejará el termostato hasta que se haya calentado lo suficiente, como se verá en el capítulo de "Refrigeración), el aceite también se calienta pronto, antes de pasar a los conductos de engrase por S. No hay peligro de que se caliente en demasía porque el agua, que no debe de pasar de los 100°, será la que robe el exceso de calor al aceite. Sin embargo, una llave, que se manda desde fuera en L, permite el paso directo del aceite de E a S, dejando aislado al radiador, en tiempo caluroso.



Calentamiento rápido del aceite.
Figura 3.26.1

10.1. El super-engrase

En la figura 3.27 se señalan las temperaturas normales de funcionamiento en un motor. En el pistón, la cabeza y el segmento de fuego son, naturalmente, las partes que más se calientan, así como la parte alta de la pared del cilindro, que es la que sufre la acción directa de las "llamas" , miles de veces por minuto, en la carrera de explosión.

Esto último, representa una tarea dura para la película de aceite, porque además concurren dos circunstancias adversas:

1ª, que la presión lateral del émbolo.

2ª, que es donde menos aceite hay, por dos razones: primera, porque el segmento rascador queda siempre más bajo, o sea, que por encima de él hay menos lubricante; y segunda, que el poco aceite que pasa, forma la película más delgada en donde más calor existe, y más calientes chocan las llamas recién inflamadas, con peligro de quemarlo o al menos mermar considerablemente sus cualidades de engrase.

Para evitarlo, sobre todo si el cilindro no está cromado o especialmente preparado, se recurre al superengrase, que consiste en mezclar con la gasolina una pequeña cantidad de aceite (del 2 al 2,5 por 100; o sea, un litro por cada 40 ó 50 de gasolina). Al entrar esta mezcla en lo alto del cilindro, caliente, la gasolina se vaporiza, ayudada por el calor producido con la compresión, mientras que el aceite se deposita en las paredes, especialmente en la parte alta del cilindro, que es la más necesitada de engrase.

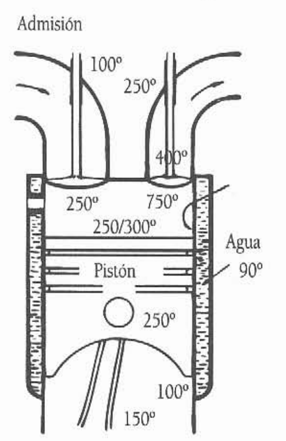


Figura 3.27.

Este superengrase puede mejorarse si, en vez de añadir a la gasolina aceite del usado para la lubricación del motor, se agrega algún aditivo de los que existen, especialmente preparados para este propósito. Suelen ser soluciones oleosas de grafito (carbono puro, negro, compacto y lustroso) o los más modernos de bisulfuro de molibdeno (gris azulado oscuro). Estos aceites se dividen en partículas tan finas, que es como si estuvieran disueltos, permaneciendo en estado coloidal.

Al penetrar la mezcla en el cilindro, el grafito o el bisulfuro de molibdeno se fijan tenazmente a las superficies metálicas, formando una finísima capa resbaladiza, apenas perceptible, pero que resiste al calor y a la acción disolvente de la gasolina.

Ambos tipos de aditivos han de ser añadidos a la gasolina en la proporción que fijan los envases o prospectos, sin pasarse de ella, para evitar que las posibles ventajas se conviertan en inconvenientes seguros.

11. VENTILACIÓN Y CAMBIO DEL ACEITE

En todos los motores, durante el tiempo de compresión, se pierde a través de los segmentos una pequeña cantidad de gases, cuya gasolina pasa al cárter y diluye el aceite. Así mismo, durante la explosión y el escape, pasan productos de la combustión, y como al quemarse cada litro de gasolina, se produce un litro de agua (según se explicará más adelante), pasará al cárter bastante de esa agua.

Mientras el motor esté caliente, el agua se mantiene en forma de vapor, pero al arrancar o circulando con el motor frío, el vapor se condensa, pasa a estado líquido, y acaba por emulsionarse con el aceite, que lo adelgaza, perdiendo cualidades lubricantes. Después, al tener el motor parado y enfriarse el aceite, el agua se separa, se va al fondo, por tener mayor densidad, y cuando se arranca de nuevo, la bomba recoge gran proporción de agua sucia, que, enviada a los conductos de engrase, provocará graves daños en las superficies frotantes, precisamente cuando más y mejor lubricación necesitan.

Por otra parte el calor favorece la oxidación del aceite, descomponiéndolo y produciendo carbonilla que se añade a la que resulta del aceite que se quema en la cámara de combustión. Esta es una causa más de que el lubricante vaya perdiendo sus cualidades de engrase.

En resumen, entre la gasolina sin quemar, el agua procedente de la gasolina quemada, y la carbonilla, que pasan al cárter, el aceite se va diluyendo, ensuciando y estropeando hasta hacerse inservible.

Para remediarlo se recurre a tres procedimientos: el filtrado del aceite (anteriormente descrito), la ventilación del cárter y el cambio periódico del lubricante.

11.1. Ventilación del cárter

Tiene por objeto arrastrar fuera del cárter o reciclar internamente, los vapores de agua y gasolina a medida que se presentan y, además, mantener uniforme la presión interior del mismo, ya que el movimiento alternativo de los pistones la haría variar constantemente y de modo rápido.

11.1.1. Ventilación directa

El método más sencillo, es el indicado en la figura 3.28: se dispone un tubo S, que desde la parte alta del cárter asoma por fuera y debajo de éste, orientado hacia atrás, de modo que

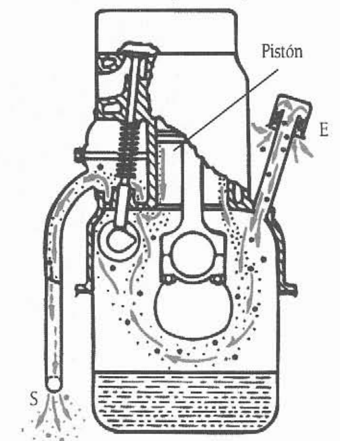


Figura 3.28.

el viento de la marcha, ejerza una succión sobre su boca, arrastrando los vapores de su interior, en el que entra aire fresco por la boca de llenado de aceite E, que cuenta, a veces, con un pequeño filtro de aire. La circulación se guía en el interior pasando por la cámara de taqués o balancines, para que la niebla aceitosa, formada por los vapores y el barboteo, los lubrique. Cada vez que desciende el pistón, ayuda a salir los gases por los orificios de la cámara de taqués.

Algunas veces este sistema no funciona todo lo bien que fuera desear, debido a que por debajo de los pistones existe una presión de gases que han pasado desde la cámara de explosión , por muy ajustado que esté el motor, gases que se escapan por el tubo de salida S, y por el tubo E, este sistema es muy antiguo y ya no se emplea.(6)).

11.1.2. Ventilación cerrada

El procedimiento más empleado en Europa es el de la figura 3.29: del aire que entra por el filtro general hacia el carburador, se deriva una parte por el tubo D al interior del cárter, que lo ventila y pasa por el conducto T a la cámara de balancines (a la que ayuda a lubricar) y por S es aspirado por el carburador. Con este sistema no caben salidas de humos que huelan mal dentro de la carrocería; los vapores de gasolina son devueltos al filtro de aire, que se impregna del aceite que llevan esos vapores, aceite que es recogido por el aire fresco que aspiran los pistones de los cilindros.

La parte alta del cilindro recibe este aire impregnado de aceite, que se deposita precisamente donde más falta hace y donde hay más dificultades de engrase .

Este sistema es el más empleado en la actualidad.

11.1.3. Otros tipos de ventilación

Hay un sistema intermedio entre los dos descritos, que consiste en tomar el aire directamente por la boca de llenado del aceite, o sea prescindiendo del tubo D; pero así, el aire entra sin filtrar y, en ocasiones con bastante polvo, ensuciando el cárter y los conductos de engrase. En algunos motores se coloca un filtro de aire en la boca de llenado.

En otras ocasiones, se coloca en el tubo S (Fig.3.29) una pequeña válvula, cuyo cierre es mandado por el vacío de admisión; de tal modo que, cuando apenas se pisa el acelerador o éste va suelto (motor casi sin gas) el vacío es fuerte y la válvula casi se cierra; en cambio, cuando se pisa a fondo (motor a plenos gases) el vacío es mínimo y la válvula se abre del todo, porque es en este caso cuando más gases de la combustión pasan al cárter por entre el cilindro y émbolo, y más fuerte debe ser la ventilación; además con pocos o medios gases, el paso de todo el aire que puede ir por S perturbaría la carburación. Si se notasen salidas de humo por la boca de llenado e incluso salpicaduras de aceite al exterior, deben comprobarse la limpieza y el buen funcionamiento de la válvula y su resorte.

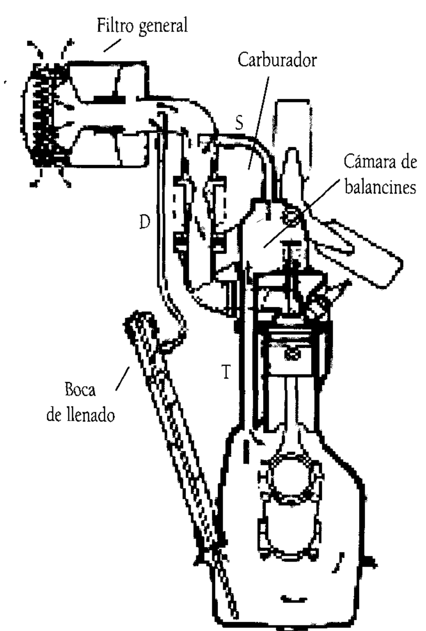
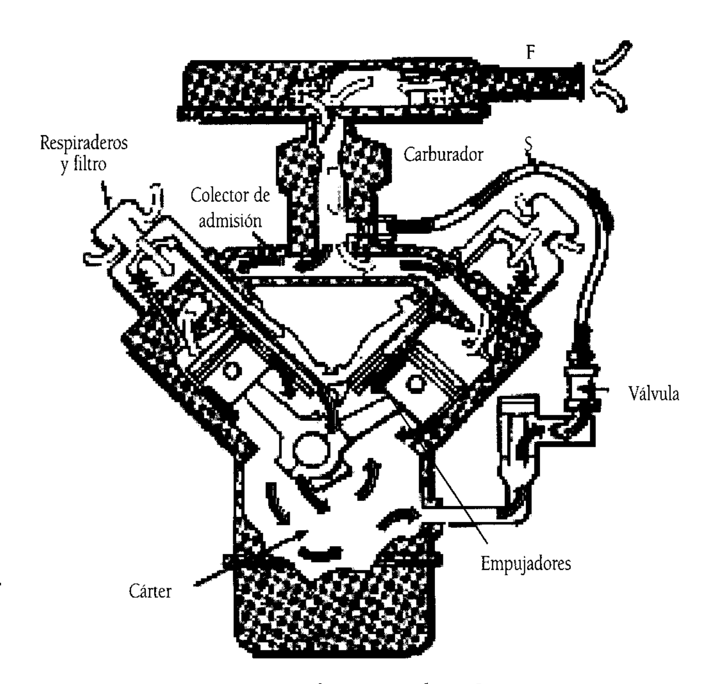


Figura 3.29.



Ventilación cerrada PVC.

Figura 3.30.

El sistema PVC, de uso casi general en los motores de ocho cilindros en V americanos, es el de la figura 3.30, en la que el aire limpio se señala con flechas blancas; los gases procedentes de los cilindros, con flechas negras, y la mezcla nociva en el cárter con flechas rojas. Por los respiraderos de las cámaras de balancines o del llenado de aceite, entra el aire limpio (a veces con filtro) que ventila esas cámaras y sigue, por los conductos para los empujadores, al cárter. Ahí se mezcla con los gases de los cilindros (flechas negras) y con el vapor del aceite caliente, mezcla señalada con flechas rojas, la cual pasa por la válvula y por el tubo S, llegando al colector de admisión (después del carburador), para ser quemada en los cilindros.

La válvula (que a veces va precedida de un filtro para retener la suciedad), funciona como la que acaba de explicarse; con ella se mantiene la proporción de aire-gasolina dentro de límites muy estrechos (entre 1 por 100 más rica y 4 por 100 más pobre), y en caso de una explosión al carburador, esta presión la cierra impidiendo que aquella se comunique al cárter.

11.2. Cambio del aceite

Se comprende que la ventilación del cárter y el filtrado del lubricante, no son suficientes para impedir que, poco a poco, se vaya estropeando el aceite y, a pesar de las reposiciones que se hagan a medida que se consume, llega un momento en el que es necesario cambiarlo. Sobre todo en invierno, que el uso de las mezclas ricas en gasolina para facilitar la puesta en marcha y el calentamiento del motor, hacen pasar más cantidad de aquélla a diluir el aceite.

Los cambios de aceite varían en función de la calidad del mismo, del tipo y número de filtros que existan, y del tipo de trabajo que realice el motor. Los aceites actuales permiten que esta operación se pueda realizar entre los 8.000 y 10.000 kilómetros, en condiciones

normales, y entre 3.000 y 5.000 en condiciones especiales, como: circular por carreteras polvorientas, efectuar largos recorridos con el motor a la máxima potencia, o funcionamiento defectuoso de los filtros de aceite y de aire.

Existen lubricantes sintéticos (con base sintética 50 por 100), que pueden aguantar hasta 40.000 km. por cambio (ejemplo, el lubricante RETTO de Cepsa).

La operación de cambiar el aceite se debe realizar con el motor caliente (al final de un recorrido o transcurridos diez minutos desde que se puso en funcionamiento el motor), a fin de eliminar con más facilidad las materias en suspensión; sin embargo, para medir el nivel del mismo en el cárter, debe hacerse con el motor frío, utilizando para ello la varilla de nivel y asegurándose que se mantenga entre las marcas MAX y MIN. En ambos casos, el vehículo debe estar en reposo y sobre un suelo horizontal.

El consumo de aceite en los automóviles modernos, estando en buen estado, es mínimo; si aumenta, su causa inicial suele ser debida al desgaste de los segmentos, que deberán cambiarse; si el consumo es importante, debe examinarse el estado de los cilindros, por si estuvieran ovalizados y fuese preciso su rectificación y colocación de pistones sobremedida. En las figuras 3.37 y 3.38, se detallan las causas a que puede obedecer un consumo excesivo de aceite.

12. CARACTERÍSTICAS DE LUBRICANTES PARA MOTORES

12.1. Gasolina-Diesel

MARCA	APLICACIONES	ESPECIFICACIONES	PROPIEDADES
PREMIUM AX	Para motores de gasolina que trabajan en condiciones suaves o moderadas. Para motores diesel de diseño antiguo de baja potencia y poco revolucionados.	Cumplen con los requerimientos del servicio API-SB	Son lubricantes no detergentes, fabricados con bases parafínicas, que poseen excelente calidad a la oxidación, buenas propiedades antidesgaste, y elevado índice de viscosidad.
SUPER EXTRA HD	Para motores de gasolina o diesel de aspiración normal, en flotas de vehículos de S.P., bajo condiciones de trabajo severas. Recomendado como fluido hidráulico en transmisiones tipo ALLISON C-1 y C-2	Cumple el nivel de calidad de las Secuencias Europeas CCMC G-1 y D-1 y los servicios API-SE y CC.	Alto poder detergente - dispersante, gran estabilidad a la oxidación. Contiene parafinas altamente refinadas con acción de aditivos que evitan la degradación del aceite, prolongando su tiempo de servicio. Elevada protección contra la corrosión y elevada resistencia a la formación de espuma.
MULTIGRADO 20W - 40	Para motores de gasolina de cuatro tiempos y motores diesel revolucionados no sobrealimentados. Se recomienda sus uso para servicios severos de arranque y parada, en los que el motor trabaja con ciclos de temperatura frecuentes y variados.	Cumple las secuencias europeas CCMC G2 y D1, cubriendo los servicios API SF Y CC.	Se fabrica con bases parafínicas de elevado índice de viscosidad. Contiene aditivos antioxidantes, detergente-dispersantes, antiherrumbre, anticorrosivos y elevado índice de viscosidad.

MARCA	APLICACIONES	ESPECIFICACIONES	PROPIEDADES
SUPER MULTI-GRADO 15 W - 50	Satisface los requerimientos de lubricación de todo tipo de motores de gasolina, en las condiciones más severas de servicio y en cualquier estación del año; así como para motores diesel sobrealimentados.	Cumple con las secuencias europeas CCMC G2 y D1, cubriendo los servicios API SF y CC.	Proporciona una protección integral del motor por la acción continua y combinada de aditivos detergentes-dispersantes, antioxidantes, antiespumantes, antiherrumbre, antidesgaste, mejorador de la viscosidad y depresor del punto de congelación.
SUPER MULTI-GRADO 20W - 50	Especialmente formulado para motores de gasolina de cuatro tiempos, a usar en climas templados o calurosos, así como para motores diesel revolucionados no sobrealimentados. Se recomienda en aquellos motores en los que el lubricante del cárter engrasa simultáneamente la transmisión.	Cumple las secuencias europeas CCMC G2 y D1, cubriendo los servicios API SF y CC.	Tiene gran estabilidad química, excelentes propiedades detergentes-dispersantes, alto índice de viscosidad, buenas propiedades contra el desgaste y bajo punto de congelación.
SUPER MULTI-GRAFITO 20W - 50	Para todo tipo de automóviles con motores de gasolina y motocicletas con lubricación independiente, aún en las condiciones más severas de servicio; así como para motores diesel no sobrealimentados.	Cumple las secuencias europeas CCMC G2 y D1, cubriendo los servicios API SF y CC.	Es un lubricante detergente multigrado cuya formulación se completa con la presencia de grafito disperso en el seno de la base mineral, que impide su sedimentación, aunque el motor trabaje en las condiciones más severas y en cualquier estación del año. Ofrece una excelente protección en el arranque en frío, contiene un elevado poder detergente-dispersante con una excelente estabilidad química a elevadas temperaturas, además de un elevadísimo índice de viscosidad.

12.2. Diesel-Gasolina.

MARCA	APLICACIONES	ESPECIFICACIONES	PROPIEDADES
SUPER SERIE 3	Para motores diesel de gran potencia, especialmente los turboalimentados en servicio pesado y en las más altas condiciones de exigencia, siendo recomendado para su utilización en maquinaria de obras públicas, camiones de largo recorrido, etc.	Cumple con las especificaciones de las Secuencias Europeas CCMC D-2 y G-2 y cubre los servicios API-CD y SF.	Tiene gran estabilidad y detergencia, alto poder detergente - dispersante, gran protección contra la corrosión, elevada resistencia a la oxidación y a la formación de espuma, y también posee aditivos antidesgaste.

MARCA	APLICACIONES	ESPECIFICACIONES	PROPIEDADES
SUPER MULTIGRADO DIESEL 15W-40	Para motores diesel de gran potencia y turboalimentados en las más altas condiciones de exigencia, para camiones de largo recorrido, flotas de vehículos, etc., con todo tipo de motores diesel.	Cumple con las especificaciones de CCMC PD-1, G-2 y D-2 y cubre los servicios API-CD y SF	Gran estabilidad y detergencia, que mantienen los segmentos en perfecto estado de limpieza, aún en las más severas condiciones de trabajo.
MULTIGRADO DIESEL 20W-40	Recomendado para todo tipo de motores diesel revolucionados, incluso los turboalimentados durante todo el año, siendo especialmente recomendados para flotas de vehículos pesados, equipados con todo tipo de motores diesel.	Cumple las secuencias europeas CCMC D2 y G1, cubriendo los servicios API SE y CD.	Gran estabilidad química a altas temperaturas, alto poder detergente-dispersante, posee un bajo punto de congelación de - 24° a - 30°C., que permite más rápida presión de engrase en todo el circuito, incluso a las temperaturas más bajas.
SUPER TURBODIESEL SHPD	Es un lubricante multigrado de nueva generación para todo tipo de motores diesel turboalimentados de gran potencia, que trabajen en condiciones muy severas como el caso de los vehículos T.I.R. y nacionales, que efectúen largos recorridos. Su carácter multigrado hace que se pueda utilizar en cualquier época del año.	Cumple las secuencias europeas CCMC D3.	Minimiza el pulido de las camisas, alto poder detergente-dispersante, elevada reserva alcalina para neutralizar los ácidos procedentes de la combustión, gran estabilidad química, excelente protección contra la corrosión, contra la formación de depósitos y contra el desgaste, teniendo además una elevada versatilidad, pudiendo ser utilizado en las condiciones más severas de trabajo, tanto a altas como a bajas temperaturas.
SUPER TRACTOR-OIL UNIVERSAL	Especialmente formulado para todo tipo de maquinaria agrícola, pudiendo utilizarse en motores diesel de aspiración normal o sobrealimentados, así como para la lubricación conjunta o individual de transmisiones, circuitos hidráulicos, frenos sumergidos en baños de lubricante y embragues de toma de fuerza. Se puede utilizar en cualquier época del año.	Cumple las secuencias europeas CCMC D2 y G1 y los servicios API CD y SE.	Posee un elevado poder detergente-dispersante, gran resistencia a la formación de espumas, una elevada protección a la oxidación y corrosión y contra el desgaste, posee además una excelente fluidez a bajas temperaturas y tiene un elevado índice de viscosidad.

13. AVERÍAS DEL ENGRASE

El funcionamiento correcto del sistema de lubricación es vital para el automóvil. Las precauciones fundamentales que debe observar todo conductor son: comprobar frecuentemente y mantener el nivel del aceite en el cárter, y cuando el vehículo está en marcha, observar el manómetro o testigo luminoso, de vez en cuando, para comprobar que el funcionamiento del sistema es correcto. En los síntomas que se describen a continuación, se supone que el vehículo está en movimiento:

13.1. SÍNTOMAS Y CAUSAS

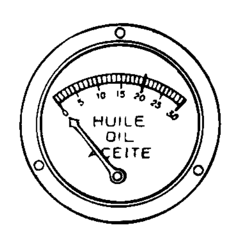


Figura 3.31.

- SÍNTOMA. El manómetro (indicador de presión) marca cero (Fig.3.31), o la lámpara indicadora se enciende (cuando no haya manómetro).

• Causas:

1ª. Falta de aceite en el cárter.

Es lo primero que debe comprobarse, pues puede haber disminuido el nivel por apertura del tapón roscado de la boca de llenado de aceite, o no estar bien colocada la varilla de comprobación del nivel, o por caída o mal cierre del tapón de vaciado.

2ª. Avería del manómetro (Fig.3.32). Si el manómetro no marca, la avería puede estar:

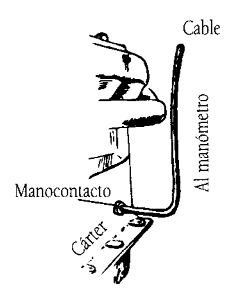


Figura 3.32.

- En el manocontacto de presión de aceite.- La presión de aceite no es interpretada por el mismo. Se comprueba poniendo un manómetro directo en lugar del manocontacto y arrancando después el motor para ver si el manómetro indica presión . Si continuara la situación sin producirse una señal habría que revisar el sistema de engrase desde la bomba de aceite.

Si existe presión con el manómetro acoplado en lugar del manocontacto, la avería se encuentra en el mismo o en el manómetro del tablero de instrumentos, se puede diferenciar la avería utilizando una lámpara de pruebas conectada al manocontacto y a masa metálica. Si al arrancar el motor la lámpara se enciende, el manocontacto funciona y la avería se encontrará en el manómetro del tablero de instrumentos.

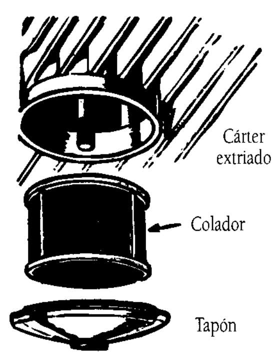


Figura 3.33.

3ª. Colador o filtro obstruido por suciedad (Fig.3.33).

La bomba suele aspirar el aceite a través de un colador de malla metálica, que puede llegar a obstruirse por exceso de suciedad. No hay más que limpiar el filtro o colador con un cepillo y gasolina.

Realmente esta avería se aprecia antes de que el manómetro baje a cero, porque cada vez que se acelera el motor, aquél señalará un descenso de presión. Esto es debido a que, pasando bastante aceite para alimentar la bomba a pequeñas velocidades, el filtro sucio no deja pasar el necesario cuando el motor gira más rápido.

En los vehículos provistos de filtro depurador, debe cambiarse la materia filtrante con arreglo a las instrucciones del fabricante, o con las citadas anteriormente.

4ª. La bomba funciona mal.- Las causas pueden ser las siguientes:

a) Rotura del árbol de mando o engranaje 6 (Fig.1.58) de la bomba 10. Reparación de taller.
b) Racores o juntas con fugas. Pueden arreglarse provisionalmente por el conductor.
c) Avería interior. Por ejemplo, la rotura o desgaste de una paleta, o de los dientes si es del tipo corriente de engranajes. Si es de émbolo (Fig.3.13), pueden cerrar mal las válvulas por alguna suciedad que les impide hacer buen asiento. En el sistema de la figura 3.14 puede haberse roto el resorte del pistón.

d) En los tipos de motor en los que la bomba no va sumergida en el aceite del cárter, por ejemplo, cuando la misma va situada en el árbol de levas y aspira el aceite por un tubo, puede descebarse la bomba a causa de llevar poco aceite el cárter (remedio, llenar la bomba para cebarla), o por entradas indebidas de aire en la aspiración de la bomba a causa de una junta en mal estado, etc. Se debe comprobar en el taller.

5ª. La válvula de descarga cierra mal (Fig.3.16).

Puede cerrar mal por rotura del muelle o por atasco del pistón (mal asiento de la bola, si es de este tipo) a causa de suciedades, y entonces el aceite se vuelve todo al cárter en vez de ir a lubricar.

6ª. Pérdida de aceite por rotura del tubo del manómetro.

Si hay rotura del tubo, que en algunos motores va desde el cárter al manómetro (Fig.3.32), se saldrá por él todo el aceite del motor. Debe pararse éste, inmediatamente, y aplastar el tubo, por la rotura, con unos alicates. Aunque se puede circular así, prescindiéndose del manómetro, debe reparase esta avería lo antes posible.

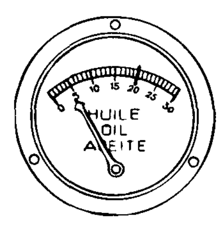


Figura 3.34.

- SÍNTOMA. Poca presión en el manómetro (Fig.3.34), prescindiendo del caso de la marcha del motor en ralentí.

• Causas:

1ª. Aceite diluido.

Un aceite demasiado usado pierde viscosidad y poder lubricante a causa de la gasolina que se mezcla con él, procedente de escapes en los cilindros, entre las paredes de éstos y los pistones (a pesar de los segmentos) y de las condensaciones del vapor de agua.

El remedio es cambiarlo, como ya se dijo.

2ª. Aceite muy caliente.

Si se ha dado indebidamente un "calentón" al motor, el aceite también se calienta en exceso, haciéndose más ligero y perdiendo poder lubricante.

El remedio está en dejar enfriar el motor.

3ª. Filtro sucio, en caso de filtrado directo total (Fig.3.17).

La obstrucción por suciedades disminuye la cantidad de aceite que puede pasar, así que la presión antes del filtro tiende a subir, pero desde su salida baja, por falta de lubricante.

4ª. Si el filtro está en derivación (Fig.3.19).

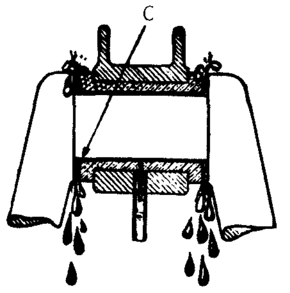


Figura 3.35.

En este caso, la rotura o carencia de la materia filtrante, ya advertida al describir este sistema, deja paso libre al aceite, que se irá en gran cantidad al cárter, en vez de seguir a los puntos de engrase.

Las dos causas anteriores tienen su remedio en la limpieza o la reposición de la materia filtrante.

5ª. Cojinetes gastados (Fig.3.35).

El aceite va desde la bomba a los cojinetes del cigüeñal y cabeza de biela. Si éstos se encuentran desgastados, el exceso de huelgo permite pasar más libremente el aceite al

cárter, y el manómetro señalará menos presión de la normal. En este caso se debe actuar sobre el resorte de la válvula de descarga (Fig.3.16), de tal manera que cuanto más se apriete, con más presión circulará el aceite por las canalizaciones. El aumento de presión es necesario a medida que los huelgos naturales del motor se hacen mayores con el uso.

También puede producirse un descenso anormal de presión si el resorte se ha debilitado o roto; o si el pistón o la bola, que lo sustituya, hacen cierre imperfecto por alguna pequeña suciedad interpuesta.

A veces se considera como remedio aceptable, el uso de aceite de mayor densidad que el recomendado por el fabricante, en espera de que se haga la necesaria reparación de ajuste. Ciertamente que así se "sellarán" mejor los segmentos, pero al ser más espeso el aceite, peor circulará por las tuberías, saliendo perjudicados los cojinetes; tampoco podrá compensar el desgaste de las piezas metálicas, ni mucho menos volver redondos los cilindros ovalados; y aunque, las válvulas tenderán a pegarse a sus guías, se facilitará la formación de carbonilla.

6ª. Tubos rajados o conductos rotos, empalme o racor defectuoso.

Son causa de fugas y consiguiente pérdida de presión, pero estas averías sólo pueden comprobarse y remediarse desmontando el motor; o sea, en un taller.

7ª. Piezas de la bomba desgastadas.

Esta avería debe ser examinada y reparada en un taller.

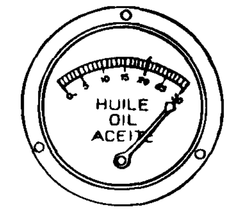


Figura 3.36.

- SÍNTOMA. El manómetro marca presión excesiva (Fig.3.36).
• Causas:

1ª. Aceite frío.

En tiempo frío, al poner el motor en marcha, puede presentarse este síntoma, debido a que el aceite (muy frío) se espesa tanto, que circula con dificultad por los conductos. Es preciso cuidar de no acelerar el motor, pues aparte del peligro de estropearlo, por no haber llegado el aceite a lubricar los cojinetes del cigüeñal, bielas, etc., y de no haber sido salpicadas las paredes de los cilindros, pueden romperse la bomba o su eje de mando, al obligarla a pasar la masa pegajosa en que se convierte el aceite muy frío.

Lo más prudente es dejar el motor en ralentí de dos a cinco minutos, hasta que alcance la temperatura normal de funcionamiento. En los primeros momentos no hay más lubricación que la proporcionada por el aceite estacionado sobre las piezas. De todos modos, es buena precaución, además de lo anterior, no embalar el motor del vehículo durante los quince primeros minutos de marcha.

También facilita el calentamiento, colocar unos papeles que tapen el radiador, por delante, impidiendo el paso de aire a través del mismo, si es que no dispone el vehículo de termostato o persianas, como se verá en "refrigeración".

Lo que jamás debe hacerse es dar acelerones, para que se caliente antes el motor. Esto provoca que los pistones rocen, casi en seco, en los cilindros, y el cigüeñal y bielas en sus cojinetes. Aunque se tenga la suerte de que no se presente en el acto una avería grave, seguro que se quitan horas de vida al motor, que con este trato pronto necesitará costosas reparaciones.

Tampoco conviene la práctica errónea, al parar el motor, de dar un acelerón a fondo, porque se "lavan" de aceite los cilindros con la mezcla que sigue entrando, y no se quema después de cortar el encendido.

2ª. Filtro sucio.

Si el filtro está sucio u obstruido, en el sistema de filtrado parcial en derivación (Fig.3.19), no pasando aceite por él, todo ha de salir por los cojinetes, con lo que el exceso hace subir la presión por encima de la normal.

3ª. Mal funcionamiento de la válvula de descarga.

Si la válvula de descarga no funciona y no limita la presión, se nota en que el manómetro no sube de modo permanente, sino con la velocidad del motor.

4ª. Conductos obstruidos.

Para evitar esta avería, debe cuidarse de que al echar el aceite al cárter, no entren suciedades, algodones, etc. Para ello conviene colocar un colador en el embudo de llenado.

Si se ha desmontado el motor, ha de comprobarse la perfecta limpieza de los conductos, especialmente los taladros en el cigüeñal.

Esta avería, y las anteriores, en las que el manómetro pueda estar averiado, deben ser reparadas en el taller.

- SÍNTOMA. El manómetro oscila, cayendo a cero varias veces.

• Causas:

1ª. Escasez de aceite.

Con los traqueteos de la marcha, el aceite, escaso, va de un lado a otro del cárter, dejando a veces en seco la bomba. Si ésta no se encuentra sumergida en el aceite puede descebarse, como ya se explicó.

No debe darse lugar a que ocurra esta anomalía.

13. 2. Consumo excesivo de aceite

En las figuras 3.37 y 3.38 se detallan las causas más probables de un consumo excesivo de aceite, que puede originarse por pérdida (derrames, goteos, etc.), o por combustión en los cilindros (aceite quemado). En las leyendas de ambas figuras, que se complementan, se enumeran dichas causas. Con las válvulas en cabeza puede añadirse otra más: un exceso de aporte de aceite al árbol de levas (OHC) o al eje de balancines (motor OHV).

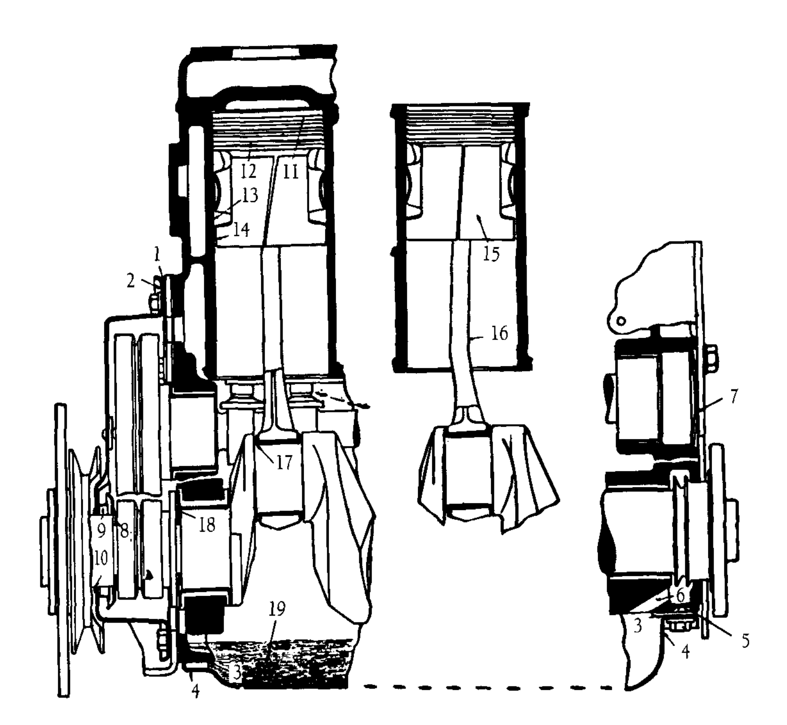
13. 3. Agua en el cárter

Puede ser debida a fugas por la junta de culata o cilindro rajado, o a una grieta en un anillo de caucho (Fig.1.9), pasando el agua al cárter, o también por condensaciones de humedad en tiempo frío. Lo primero se remedia poniendo una junta nueva o reparando los cilindros en el taller; y lo segundo, cambiando el aceite. En ambos casos, el aceite se diluye peligrosamente, y se nota este defecto cuando se ve que el nivel de aceite deja de bajar normalmente, o aumenta a la vez que se gasta más agua de la debida en el radiador.

Muchas veces estos defectos de junta de culata, son acusados por unas gotas o película de aceite que recubre el agua del radiador, tras unas horas de motor parado.

13. 4. Gasolina en el cárter

En los automóviles, en los que el carburador se alimenta de gasolina a través de una bomba mecánica, si ésta va colocada, como es lo frecuente, a un costado del árbol de levas, y la membrana se pica, puede suceder que la gasolina pase a través de ella, y caiga al cárter diluyendo rápidamente el aceite, de tal modo que se produce enseguida una grave avería: se gripan (por rozar sin engrase) los pistones en los cilindros, e incluso se funden las bielas, pues el aceite es inservible.



Pérdidas:
1. Junta de cárter de la distribución.
2. Tapa del cárter de la distribución torcida o rota.
3. Junta del cárter inferior.
4. Cárter inferior roto, rajado, hendido.
5. Defecto en la retención de aceite al extremo trasero del cigüeñal.
6. Obstrucción en el tubo de retorno al cárter desde el retenedor de aceite del extremo trasero del cigüeñal.
7. Tapón del extremo del árbol de levas.
8. Retén delantero flojo.
9. Empaquetadura gastada.
10. Cigüeñal torcido, descentrado, que bombea por la empaquetadura.

Quemado:
11. Segmentos gastados o sin elasticidad.
12. Segmentos retorcidos.
13. Cilindro gastado, ovalizado, cónico.
14. Falda del pistón (si tiene ranura) sin elasticidad ni apriete contra el cilindro.
15. Pistón con cabeceo.
16. Biela torcida.
17. Holgura lateral excesiva en la cabeza de biela.
18. Huelgo excesivo en el apoyo delantero del cigüeñal.
19. Aceite diluido.

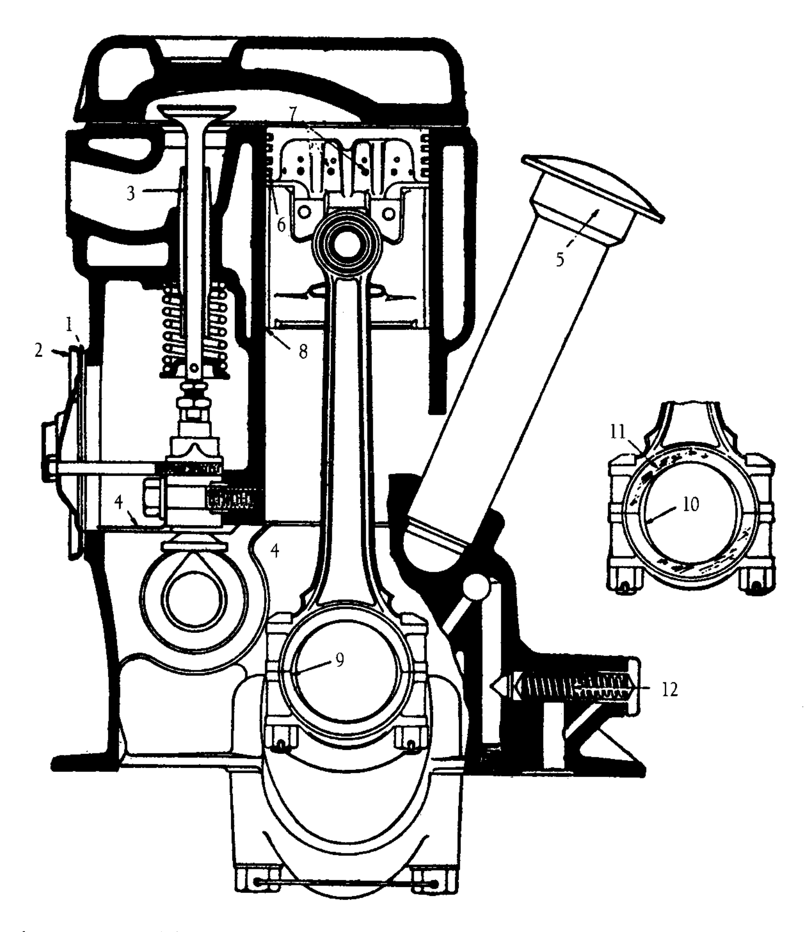
Figura 3.37.

Esta avería sucede cuando las membranas no son de buena calidad, debido acaso a que la goma del tejido no es sintética (insoluble en gasolina).

13. 5. Precauciones del conductor

Después de las explicaciones dadas hasta aquí, el conductor debe:

• Comprobar todas las juntas o sitios por donde hay goteo. Después de haber parado el vehículo, con el motor caliente, habrá huellas en el piso que indicarán el lugar de donde proviene la avería. Una gota perdida en la carretera cada seis metros, supone más de medio litro en cien kilómetros.



(La posición de apertura máxima de la válvula respecto al PMS del pistón está falseada a propósito por razón de claridad en el dibujo).

Pérdidas:
1. Junta de la tapa de válvulas.
2. Tapa de válvulas torcidas o rota.
3. Guías de válvulas gastadas.
4. Tapa o tabique entre cárter y taqués averiada.
(Con válvulas en culata, exceso de lubricación al eje de balancines (OHV) o del árbol de levas (OHC).

Quemado:
5. Respiradero obstruido.
6. Segmentos flojos en las gargantas del pistòn.
7. Orificios de recogida de aceites obstruidos.
8. Cilindro rayado.
9. Cojinete de cabeza de biela ovalado.
10. Muñequillas del cigüeñal ovaladas.
11. Caras laterales rayadas.
12. Resorte de la válvula de descarga bloqueado.

Figura 3.38.

- Usar el aceite adecuado y cambiarlo en los plazos convenientes.
- Limpiar y tener libres las entradas y salidas de la ventilación del cárter.
- Ajustar, con la válvula de descarga, la presión de engrase al valor normal que indique el fabricante del motor. Si se ignora y no es fácil enterarse, mantenerlo en los límites más atrás señalados (entre 35 y 50 libras, según que el motor esté gastado con holguras, o más bien nuevo, o recién ajustado). No siempre, el valor máximo es el más conveniente.
- Mantener justo el nivel, sin excederse. Esto provoca despilfarro y suciedad para el motor.
- No circular a gran velocidad. Cada vehículo tiene un límite, a partir del cual los consumos de aceite y gasolina suben rápidamente.

Notas

1. **En la clasifiacación SAE** a las iniciales HD (heavy duty), le siguieron las especifiaciones "M" para motores de gasolina que se desglosan en ML (motor light), MM (motor medium) y MS (motor severe).

2. **El símbolo API que certifica el nivel SH** es un doble cilindro, denominado "donut", que debe figurar en el envase.

3. **Para los motores de gasoil**, los niveles API más extendidos son el CD y CE.

4. **El rozamiento** explicado al justificar la necesidad del engrase, es mucho más fuerte y apretado al montar o renovar los elementos del motor. Durante los primeros 1.000 kilómetros de funcionamiento, hay que extremar las precauciones para ir sentando las superficies, siempre rugosas, hasta que vayan suavizándose las asperezas y se pulimenten poco a poco, ajustándose mutuamente. Durante ellos no se usarán aditivos, que si después se añaden, alargan el periodo de rodaje en dos o tres mil kilómetros por lo menos, pero se efectúa con más seguridad y quedan mejor las piezas.

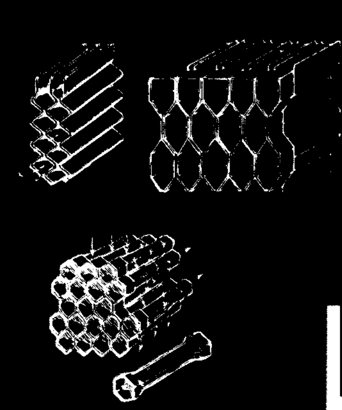
Es prudente y muy conveniente para la vida futura del motor, cuidar el rodaje durante esos mil primeros kilómetros, y durante ellos usar aceite, especial para rodaje, sin aditivos. En el segundo periodo, desde los 1.000 a los 3.000 ó 4.000 Km. aproximadamente, pueden emplearse los productos citados, en cuyo caso se alargará este segundo periodo hasta los 5.000 ó 6.000 kilómetros. En cambio, los aditivos para la gasolina tienen su principal aplicación desde el primer momento, hasta dar por terminado el rodaje del motor.

5. **Va montado** en el extremo delantero del cigüeñal, en el interior de la polea que mueve la dínamo, la bomba de agua y el ventilador (Fig.3.22). Todo el aceite que sale a presión de la bomba, llega por A al cigüeñal y sigue, según las flechas, al tambor giratorio, donde el tabique anular lo desvía hacia el exterior. La fuerza centrífuga lanza las impurezas más pesadas hacia la periferia, mientras que el aceite así depurado pasa por las escotaduras de los tabiques F al conducto central del cigüeñal, a lubricar sus apoyos y las cabezas de biela, como se ve en la figura.

Este sistema, que actúa sobre el flujo total del aceite, era bastante eficaz; no obstante, puede ser complementado con un filtro propiamente dicho, montado en derivación, y cuya materia filtrante se renovará a espacios mayores.

6. **Este elemental procedimiento** era el usado hasta 1962 por la mayoría de los automóviles americanos. Tiene el inconveniente de lanzar al aire una mezcla de hidrocarburos mal quemados (procedentes de la combustión incompleta de la gasolina, y del aceite caliente) con algún óxido de carbono y óxido nitroso, mezcla irritante para ojos y pulmones, peligrosa para la salud pública en ciudades de tráfico intenso, y que se comprobó que era perjudicial para ciertos cultivos en las cercanías de las grandes carreteras congestionadas, como era el caso de los Angeles y su contorno (la parte sur de California). Las autoridades de este Estado, exigieron la ventilación cerrada del cárter, como desde hace muchos años era normal en los automóviles europeos. Desde 1963, los motores americanos lo hacen así, con el sistema que ellos llaman PCV (Positiva Cárter Ventilación), derivado del ya usado en todos sus vehículos militares y en bastantes camiones.

Capítulo 4



La refrigeración

1. GENERALIDADES

La temperatura alcanzada en el momento de la explosión, ya se comentó que estaba próxima a los 2.000°C.; es decir, que es superior al punto de fusión del metal del que están fabricados los cilindros[1]. Aunque es una temperatura instantánea, rápidamente rebajada por la expansión de los gases y la entrada de mezcla fresca en el siguiente tiempo de admisión, si no se dispusiera de un enérgico sistema de enfriamiento de los metales, éstos se dilatarían en exceso, produciéndose agarrotamientos y deformaciones, a la vez que se pondrían al rojo, descomponiendo el aceite de engrase.

Esta es la principal causa del bajo rendimiento de los motores térmicos, pues si se pudiera aprovechar todo el calor energético del combustible, el trabajo obtenido en la transformación químico-mecánica sería bastante superior. El 35 por 100 del calor producido en la explosión se pierde en la refrigeración, y el 35 por 100 en el escape, quedando aproximadamente un 30 por 100 de calor útil, para transformarse en trabajo mecánico.

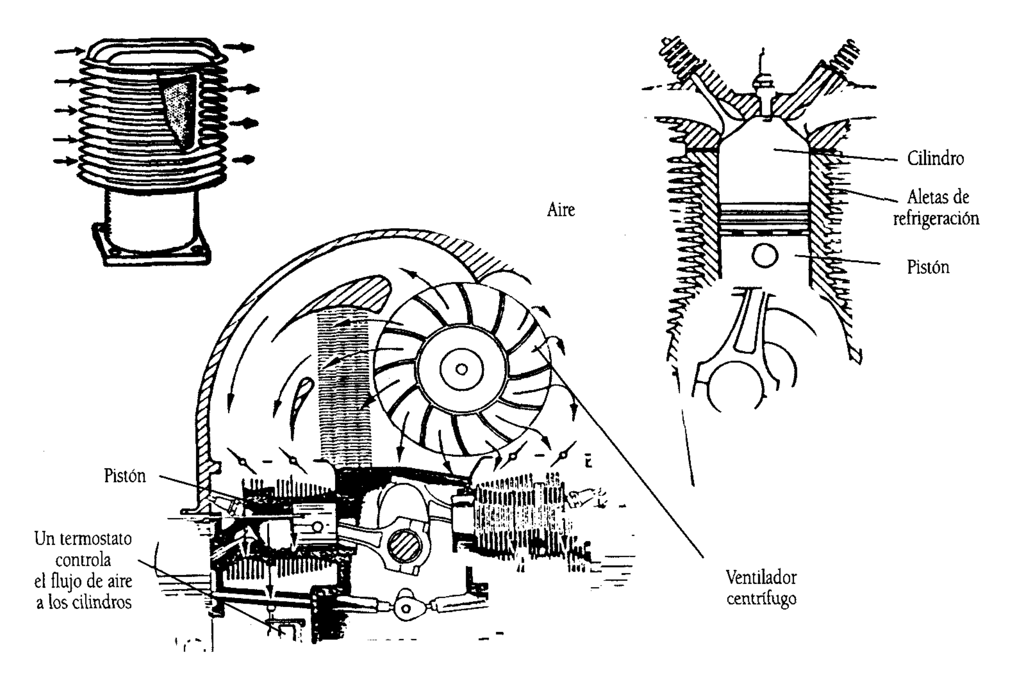
Por consiguiente, el sistema de refrigeración instalado debe ser eficaz para evacuar la gran cantidad de calor que se genera, a intervalos muy cortos de funcionamiento, tanto por el frotamiento de las piezas en movimiento como por la combustión de los gases en el cilindro; pero, a su vez, esta evacuación no debe ser excesiva, ya que rebajaría el rendimiento del motor; por lo tanto, la temperatura interna se debe mantener dentro los límites de tolerancia de los materiales.

El objeto de la refrigeración, es mantener el motor a una temperatura de funcionamiento de 90° C aproximadamente.

Los elementos que precisan refrigeración son: por medio del lubricante (pistones, árbol de levas, cabezas de biela y apoyos del cigüeñal), y por aire o agua (cilindros, culata, guías de válvulas, válvulas y asientos).

2. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Los sistemas empleados para la refrigeración de los motores, son: refrigeración por aire, por agua y mixta.



Refrigeración directa por aire

Figura 4.1.

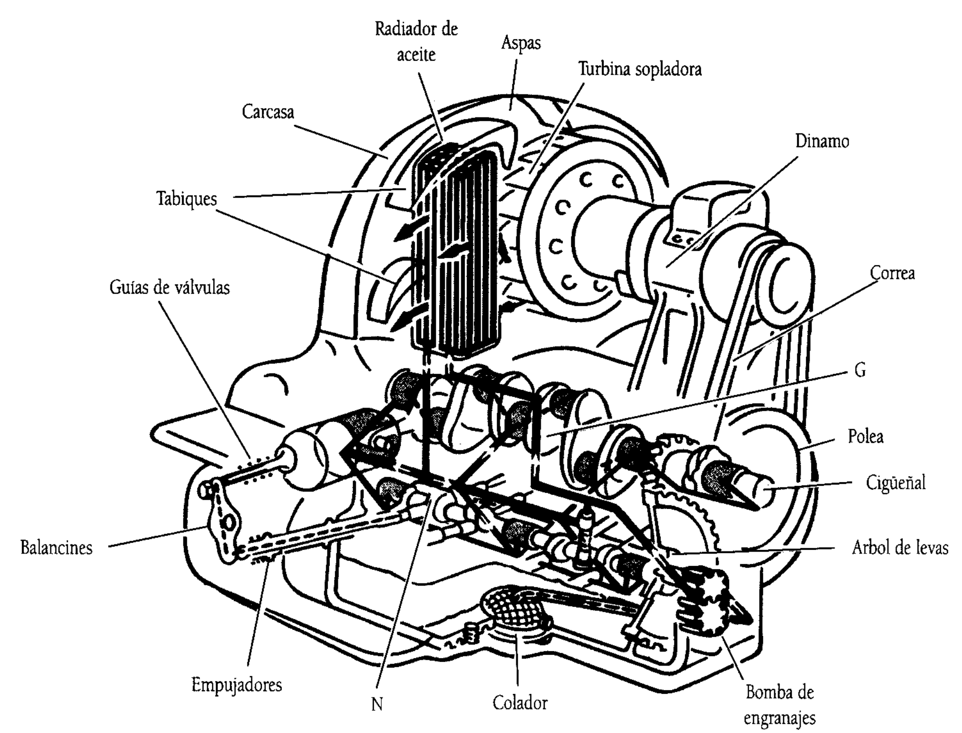
2.1. Refrigeración por aire

En los pequeños motores de motocicletas (Fig.4.1), la corriente de aire de la marcha enfría el cilindro, que está fabricado de aleación ligera para mejorar la conductibilidad térmica; éste, va provisto de unas aletas (cuya longitud es proporcional a la temperatura alcanzada en las diferentes zonas del cilindro), que aumentan su superficie de refrigeración. Este sistema denominado *refrigeración directa*, es tanto más eficaz cuanto mayor sea la velocidad de desplazamiento.

Esta práctica, aplicada a los demás automóviles, es conocida con el nombre de *refrigeración forzada*, ya que el motor va encerrado en la carrocería, y por tanto en menor contacto con el aire durante el desplazamiento del vehículo. Su uso se generalizó a los motores de cilindros horizontales opuestos Panhard, Citroën y Corvair, a raíz de los buenos resultados conseguidos por Volkswagen.

Para ello se hace circular, entre los cilindros y las aletas, una fuerte corriente de aire producida por un gran ventilador o turbina, movido por el propio motor. El aire es canalizado de tal forma que rodee y refresque a los cilindros(2).

El motor Volkswagen de la figura 1.60, se refrigera según el esquema de la figura 4.2, describiéndose a continuación su funcionamiento: en el extremo delantero del cigüeñal hay una polea, que por la correa, mueve la dínamo, cuyo eje se prolonga con la turbina sopladora. El aire es aspirado desde detrás de la carcasa o caja, por las aspas o álabes, que lo impulsan a uno y otro lado de la misma, canalizado por los tabiques, para enfriar los dos cilindros de cada lado.



Refrigeración por aire y engrase del Volkswagen

Figura 4.2.

En la figura se aprecia que la parte izquierda es algo mayor que la derecha, porque dentro de aquella va el radiador de aceite. Después de recoger el calor de los cilindros, el aire sale hacia la parte trasera del vehículo por debajo del motor, excepto una parte que se puede aprovechar para la calefacción del interior del habitáculo.

Para evitar que el enfriamiento resulte excesivo en tiempo frío o al arrancar el motor, un termostato, colocado a la salida del aire, si éste va frío, acerca a la turbina una especie de cuello o embudo que estrecha la entrada de aire; cuando se calienta, separa ese collar dejando un amplio paso.

Ventajas:

Las ventajas de la refrigeración por aire son: mayor sencillez del motor; no tener que preocuparse por el nivel del agua, ni por las posibles heladas o ebulliciones de la misma; fácil mantenimiento al reducirse el número de averías; ocupa menos espacio, y por lo tanto se gana en habitabilidad; mayor rendimiento térmico, al ser las pérdidas de calor por refrigeración aproximadamente de un 18 por 100 menores que en la refrigeración por agua; menor peso del motor por no llevar radiador, camisas ni tuberías, repercutiendo, entre otros aspectos, en la estabilidad y el consumo; y poder funcionar a mayor temperatura, que ya se dijo es conveniente para obtener el mayor rendimiento a la gasolina gastada y conseguir el más adecuado engrase.

Inconvenientes:

El principal inconveniente es que el motor resulta más ruidoso al exterior, porque faltan las camisas de agua, que como capa líquida, amortiguan los ruidos internos, y porque las aletas metálicas, para el enfriamiento, forman un pequeño amplificador sonoro.

Otro inconveniente es la irregularidad del enfriamiento, que depende bastante de la temperatura ambiental, por lo que no conviene tener el motor en ralentí mucho tiempo, y por otro lado, no se dispone de la reserva de absorción de calor que proporciona el agua al vaporizarse; por ello, los calentones aparecerán más pronto. Y por último, la potencia útil del motor se reduce aproximadamente en un 6 por 100, al ser menor el llenado de mezcla o aire, que se dilata, debido a la mayor temperatura que alcanzan los cilindros. Sin embargo, en la práctica, este tipo de refrigeración da un excelente resultado.

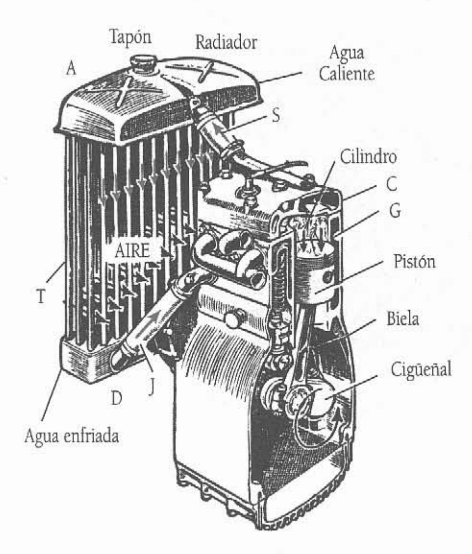


Figura 4.3.

2.2. Refrigeración por agua

El procedimiento generalmente empleado es el de refrigeración por agua. La culata, válvulas y cilindros están rodeados por una envoltura hueca llena de agua (camisas de agua), que en la figura 4.3 se señalan en C para la culata, y en G para los cilindros, siendo común para todos ellos.

En los motores de los barcos el agua se regenera continuamente, ya que se toma del mar y se vierte al mismo, de forma cíclica, una vez que se ha calentado al circular por las camisas. En los automóviles, no puede hacerse esto, por lo que el agua se aprovecha, enfriándola, con una corriente de aire, en un radiador.

La circulación del agua del sistema de refrigeración puede asegurarse por dos procedimientos: por termosifón o por bomba.

2.2.1. La circulación por termosifón

La circulación del agua en el circuito, por termosifón, hoy día, prácticamente, está en desuso. Este sistema está basado en la diferencia de peso entre el agua caliente y fría.

La que se calienta en las camisas G y C (Fig.4.3), se hace más ligera y sube por el tubo S a la parte alta A, del radiador; desciende, por el aumento de peso, a través de éste, refrigerándola la corriente de aire que pasa por entre los tubos T, hasta que ocupa la parte inferior. Seguidamente, por el tubo J vuelve a las camisas G de los cilindros, ocupando el lugar que deja libre el agua que sube, ya caliente; roba el calor de los cilindros, refrigerándolos, y de nuevo pasa por S al radiador. La circulación queda así asegurada.

Se entiende, que los conductos de circulación en el radiador y los tubos S y J han de ser gruesos para facilitar el paso del agua; así como el depósito A de la parte alta del radiador que además, debe estar colocado en alto con relación al bloque motor, para obtener una diferencia de altura que asegure la circulación del agua por gravedad. La temperatura de esta parte alta del radiador es de 85° a 90°.

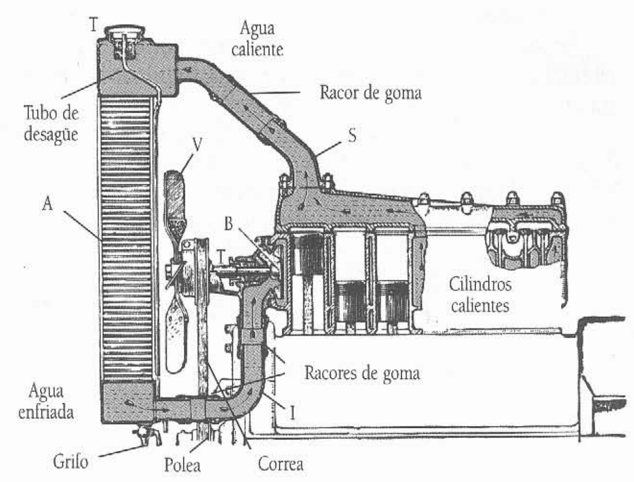


Figura 4.4.

En la parte alta del radiador hay un tapón, para el orificio de llenado de agua, y desde el interior de aquél sale un tubo de desagüe (Fig.4.4), por donde rebosa el exceso y da salida al vapor por debajo del vehículo. En la parte inferior del radiador es frecuente encontrar un grifo para vaciar el agua de todo el sistema (radiador y camisas).

El sistema es sencillo y económico, pero debido a la poca velocidad del agua en el circuito (unos 15 cm/sg.), se requiere un gran caudal (un elevado volumen de líquido), y mucha superficie radiante en el radiador.

2.2.2. La circulación por termosifón, acelerado por bomba

Su funcionamiento es similar al anterior, con la única variante de que se monta una bomba para acelerar la circulación del agua.

La bomba, que puede estar fijada sobre la culata o sobre el cárter de cilindros, está generalmente colocada a la salida del agua fría y dirigida hacia el cárter de cilindros. El agua sube a continuación hacia la culata y retorna al radiador.

En caso de avería de la bomba, hay una ligera circulación de agua por el fenómeno de termosifón.

2.2.3. La circulación forzada por bomba

El sistema (Fig.4.4), semejante al de termosifón, consiste en disponer una bomba centrífuga intercalada en el circuito, en un punto bajo, de manera que esté siempre cebada (entre la parte baja, más fría, del radiador y las camisas del bloque), que es movida por el propio motor por medio de una correa, mandada por una polea montada en el extremo exterior del cigüeñal (ver figura 4.11). La bomba activa la circulación del agua en su recorrido, con una velocidad proporcional a la del motor (la velocidad media de circulación suele ser de unos 3 mt/sg.).

La temperatura, ahora más uniforme al ser controlada por una válvula de paso, y normalmente, en la parte alta del radiador, la más caliente, suele ser de 80° a 85°, con una diferencia entre la entrada y la salida de 8 a 10°C.

Este sistema ofrece una refrigeración más eficaz, con un menor volumen de agua y menor superficie radiante en el radiador, forzando(3) la circulación de la misma por el interior del bloque motor a través de unos conductos (ya no necesitan ser tan amplios como en el caso anterior) o cámaras de agua, que rodean: las cámaras de combustión, los cilindros, los asientos y guías de las válvulas, y las partes metálicas en contacto con los gases de la combustión.

2.3. Refrigeración mixta

Es una combinación de la refrigeración por aire y por agua. Para ello, se dispone de un circuito de refrigeración forzada por agua, ayudado por una corriente de aire que suministra un ventilador movido por el propio motor.

Este ventilador, además de forzar el paso del aire a través del radiador, para obtener una refrigeración más eficaz del agua, sobre todo a marcha lenta, suministra una corriente de aire al motor para refrigerar los elementos externos adosados al mismo, como son: el generador de corriente, bujías, colectores de escape, etc.

3. ELEMENTOS DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN

3.1. La bomba de agua

La bomba de agua más usada se representa con detalle en la figura 4.5; es del tipo centrífugo y la parte móvil está compuesta por un plato con paletas. El agua llega por el tubo L a la parte central de la bomba y las paletas, al girar, la impulsan con fuerza hacia fuera, obligándola a pasar a las camisas del bloque de cilindros.

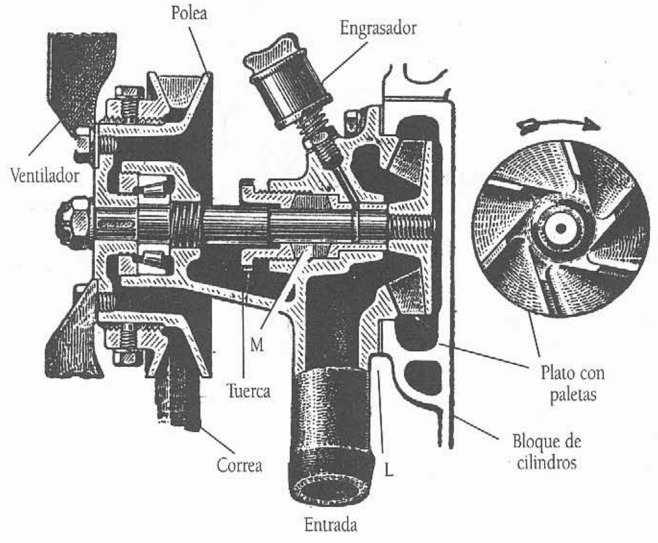


Figura 4.5.

El movimiento para la bomba se envía desde el cigüeñal por la correa a la polea que acciona el ventilador, teniendo el mismo eje la bomba y el ventilador.

Para que no haya fugas de agua por este eje, se rodea de una empaquetadura o prensa-estopas M, hecho de materia plástica y resbaladiza, que por medio de una tuerca se oprime contra el eje, impidiendo escapes de agua. El eje de la bomba lleva casi siempre un engrasador que debe atenderse con frecuencia.

Las paletas del plato dejan entre ellas algún espacio, para que el agua circule por termosifón en el caso de que deje de funcionar la bomba. Precisamente, por la propiedad de dejar paso al agua, en caso de avería, esta bomba se llama también *impulsor*, que a veces tiene forma de hélice sencilla (Fig.4.13)[4].

Los automóviles con motores de cilindros en V, suelen llevar una bomba de agua por bloque; ambas se mandan con la misma correa.

Para asegurar el enfriamiento de las partes más calientes (Fig.3.27), válvulas de escape, sus asientos y alrededores, en algunos motores se canaliza la llegada del agua fresca desde la bomba al bloque (Fig.4.6), de modo que vaya su corriente a bañar en primer término las zonas próximas

a aquéllas. Un dispositivo es, por ejemplo, recoger el flujo de agua que sale de la bomba por un tubo M, alojado en el interior de las camisas de agua del bloque (dibujado aparte para mayor claridad), del que sale el agua por unos orificios F en forma de corriente que incide sobre las partes que rodean los asientos de las válvulas de escape, y que los refrigeran con el agua más fría que viene del radiador. Después, el agua sigue su circuito en forma normal.

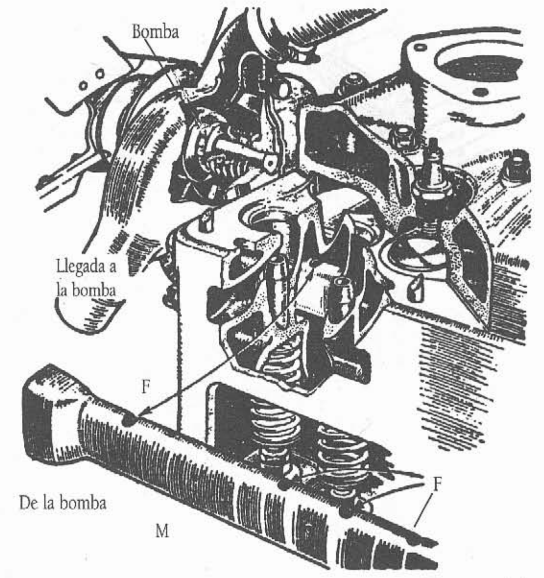


Figura 4.6.

3.2. El radiador

Es el elemento donde se produce el enfriamiento o evacuación del calor, del agua calentada en el bloque; va colocado, normalmente, en la parte delantera del vehículo y suele estar protegido por una parrilla.

Los factores que influyen para disipar el calor, además de la diferencia de temperatura entre el agua y el aire del ambiente, son: la superficie frontal del radiador, la superficie de contacto del agua con la superficie radiante y la permeabilidad del radiador al agua y al aire. De ahí, que el radiador tenga una gran importancia. Éste, puede ser de tres tipos: *tubular, de panal y de láminas de agua.*

El metal ideal para la fabricación de los radiadores es el cobre, por su facilidad en transmitir el calor; pero por razones económicas se emplea el latón, e incluso se ha intentado usar el aluminio.

La unión del radiador al motor (Fig.4.4), se hace por medio de unos tubos de tela cauchutada (racores o manguitos) para dar elasticidad al conjunto, y se sujetan con abrazaderas metálicas a los tubos que salen de ambos elementos; en muchas ocasiones, la unión al radiador se hace en esquinas opuestas de las partes alta y baja. Los racores se señalan con las letras S y J en la figura 4.3.

En la actualidad, en muchos automóviles, en vez de circular el agua verticalmente lo hace de forma lateral, con el radiador "acostado" y montado de canto, con el fin de bajar la altura del capó para ganar en aerodinámica. El riesgo de que el agua, obligada a repartirse entre menos tubos y más largos, no se enfríe adecuadamente, se suple con la circulación forzada por la bomba.

3.2.1. Radiador tubular

En el tipo tubular (Fig.4.3), de empleo muy generalizado, el agua que llega desde las camisas de cilindros G y de la culata C, por el tubo superior S, desciende por unos tubos largos y finos, rodeados y sujetos por unas aletas, cuyo detalle se aprecia en la figura 4.7; el calor del agua se esparce rápido por el metal de los tubos y aletas, de donde es robado por el aire que circula entre unos y otros.

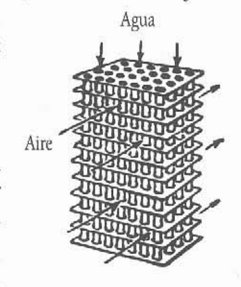


Figura 4.7.

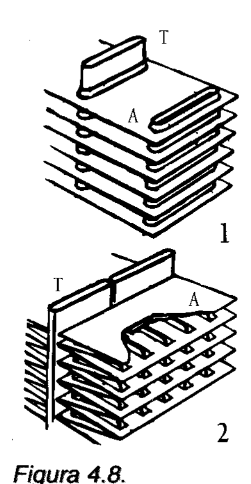


Figura 4.8.

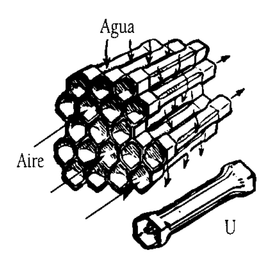


Figura 4.9.

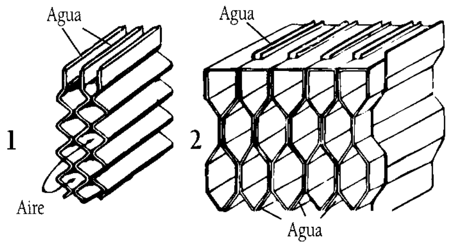


Figura 4.10.

Los tubos, colocados verticalmente, pueden ser (Fig.4.8) redondos o planos de sección alargada T, y las aletas A, que los enlazan y enfrían, son planas y perpendiculares a los tubos (dibujo 1) en radiadores para motores de fácil refrigeración, o bien onduladas e intercaladas en forma de acordeón entre los tubos ("corrugadas", dibujo 2), cuando se necesita mayor superficie metálica para disipar el calor en el aire. Como se ve en este último detalle, las aletas llevan, a veces, escotaduras que activan la ventilación.

3.2.2. Radiador de panal

También llamados de *nido de abeja*, eran usados antiguamente en motores potentes; en la actualidad se usan poco, debido a su elevado precio por la gran cantidad de soldaduras que requiere. Están constituidos (Fig.4.9) por una serie de pequeños tubos horizontales como el U, de cuatro o seis caras, que tienen de largo el espesor del radiador, pues van colocados en el sentido de la marcha del vehículo, y soldados por sus extremos ensanchados; entre sus cuerpos (que pueden ser redondos) circula el agua, y por el interior de los mismos pasa el aire que enfría aquélla.

En este tipo de radiador, la superficie de refrigeración es muy grande.

3.2.3. Radiador de láminas de agua

También llamados de *falso panal* (Fig.4.10), están constituidos por unos tubos anchos y muy chatos que suelen montarse haciendo unas ondulaciones soldadas entre sí, como en 1, o bien se separan y sostienen con unas finas chapas onduladas de latón, como en 2, para dar rigidez a los pasos hexagonales del aire, formando un falso panal.

En uno y otro caso, el aire que pasa por entre los tubos chatos, enfría las láminas de agua, que circulan por el interior de ellos.

3.3. El ventilador

El ventilador tiene por objeto activar la corriente de aire que, pasando a través del radiador, cuando está funcionando el motor a vehículo parado o circulando éste con una velocidad muy baja o cargado, va a mantener el motor a una temperatura constante. Pues, circulando a una velocidad elevada, existe una gran cantidad de aire que atraviesa el radiador, anulándose el ventilador, por lo que la dificultad está en la evacuación de este aire que penetra en el capó; sin embargo, a poca velocidad o con el vehículo cargado, el aire que atraviesa el radiador es insuficiente, por lo que se precisa una ventilación forzada.

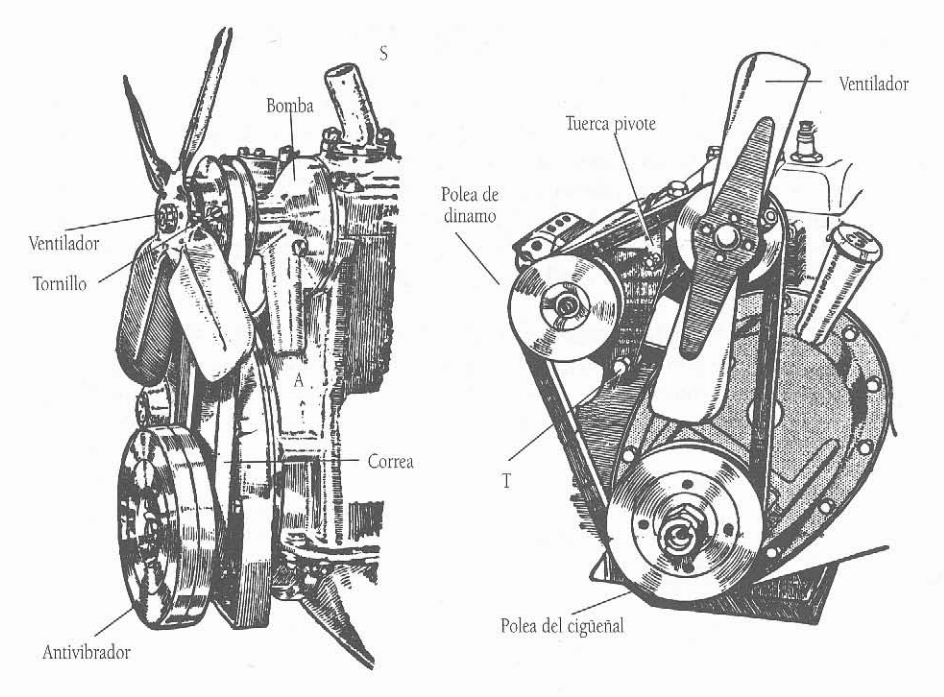


Figura 4.11. *Figura 4.12.*

El ventilador es una pequeña hélice de dos a seis aspas(5), que se mueve casi siempre por medio de una correa que recibe su giro desde una polea montada en el extremo delantero del cigüeñal.

Como la correa se afloja con el uso, para que no patine es necesario disponer de un medio que la atirante. Su tensión puede regularse, porque la polea superior tiene su cara izquierda movible, al aflojar el tornillo de la figura 4.11; al ser de sección trapezoidal (en cuña), si se acercan las caras de la polea, la correa tiene que rodar más por fuera, y se estira.

En la figura 4.11 se representa el supuesto, muy frecuente, de usar el eje del ventilador para mover la bomba de agua, que la aspira por A y la envía, después de recorrer las camisas de agua del bloque, por el tubo S a la parte alta del radiador.

La disposición más corriente es la de la figura 4.12, en la que la correa, mandada por la polea del cigüeñal, mueve el eje del ventilador y la bomba de agua que está detrás, y pasa por una tercera polea que hace girar la dínamo. Esta última, va montada sobre un soporte que puede bascular alrededor de una tuerca-pivote, fijándose con la tuerca T, en una posición que deje suavemente atirantada la correa. (Ver figura 4.20 y la 3ª causa de "Averías en la refrigeración".)

El ventilador aspira la corriente de aire a través del radiador, la hace circular alrededor del motor y, para que su circulación sea fácil y quede bien canalizada, ha de tener salida al exterior; esto se conseguía, en el pasado, por las aberturas laterales que tenía el capó, modernamente sale por debajo del salpicadero, entre éste y la chapa que por debajo del motor, le protege de las salpicaduras de barro.

4. REGULACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL MOTOR

La refrigeración está calculada para dar un buen rendimiento en tiempo caluroso, el más desfavorable, de manera que la temperatura del agua no suba de los valores indicados más atrás. Pero en tiempo frío, sobre todo al poner el motor en marcha, conviene que se caliente rápidamente para dar fluidez al aceite y facilitar el engrase.

Si malo es que el motor se caliente demasiado, tampoco es bueno que el agua del sistema de refrigeración esté fría, pues todo está calculado para que el motor trabaje en las mejores condiciones; es decir, que el agua se debe mantener a una temperatura de unos 85ºC(6). Todo ello se consigue, actuando sobre la circulación del agua o sobre la corriente de aire.

4.1. Actuando sobre la circulación del agua.- El termostato

En este caso es de empleo general el *termostato*, que consiste (Fig.4.13) en una válvula, mandada por una especie de acordeón redondo, de metal ondulado, muy fino(7) que, cuando está frío y encogido, aplica la válvula contra su asiento y cierra el paso al radiador; el agua de las camisas no puede renovarse y se calienta de prisa. Cuando ha alcanzado una temperatura entre 60º y 70º, el líquido interior del termostato, al convertirse en vapor, y al calentarse el metal del fuelle, hacen que éste se dilate, comenzando a abrir la válvula, que deja pasar el agua hacia el radiador. El termostato debe estar abierto del todo al llegar el agua a los 80ºC. Si ésta tiende a enfriarse y baja de 70º, el termostato se encoge y va cortando la circulación, para mantener la temperatura.

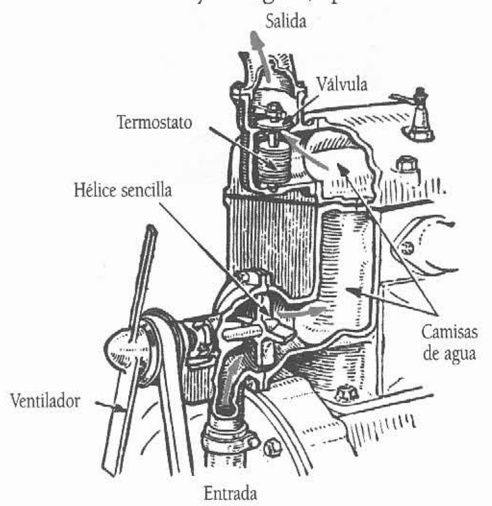


Figura 4.13.

Otro tipo, menos usado, es el *termostato bimetálico* (Fig.4.14), que consiste en una cinta enrollada, compuesta por dos tiras unidas de metales de diferente dilatación; es decir, que cuando se calientan, una de las ellas se dilata más que la otra, y varía la encorvadura de la espiral, que se enrosca más o menos, obligando a girar a la válvula de mariposa. La tensión de la espiral puede graduarse si el eje, al que va unida por el otro extremo, lleva un dispositivo por fuera del tubo, de tal manera que al girarla, varía la tensión inicial de la cinta, corrigiéndose así la temperatura a la que comienza a abrirse la válvula.

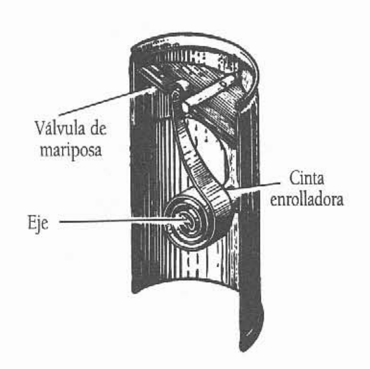


Figura 4.14.

Con el empleo del *termostato cilíndrico*, en caso de circular el agua por termosifón o por simple impulsor, no hay dificultad, pues aunque éste mueva el agua, no le da la suficiente presión cómo para dañar al termostato cerrado; pero si es por bomba, se añade al sistema una circulación de desahogo para el agua, dejando fuera el radiador, de la siguiente manera: cuando el motor está frío

(Fig.4.15, detalle 1), el extremo superior impide la circulación al radiador y el inferior deja libre el paso por la tubería de desahogo, retornando el agua a la bomba. Cuando el agua se calienta (detalle 2), el termostato se dilata y, al estirarse, se abre la válvula plana superior, que permite el paso del agua al radiador, mientras que la parte inferior C, tapa la entrada de la tubería de desahogo, obligando al agua a circular del modo ordinario, a través del radiador.

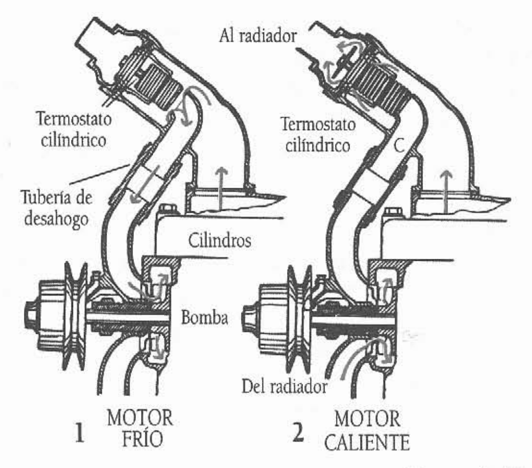


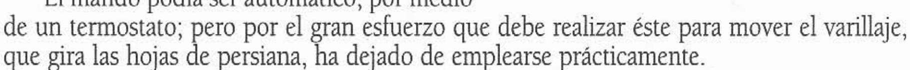
Figura 4.15.

4.2. Actuando sobre la corriente de aire

Para regular la temperatura, actuando sobre la corriente de aire, se colocaban unas *persianas de hojas giratorias* H (Fig.4.16) delante del radiador, montadas sobre un bastidor K. El método más sencillo era moverlas desde el asiento del conductor con un dispositivo M, de tal modo que si se dejan abiertas permiten el paso libre del aire a través del radiador, enfriando el agua, y si se cierran se forma una pantalla metálica que corta completamente el paso del aire.

Figura 4.16.

El mando podía ser automático, por medio de un termostato; pero por el gran esfuerzo que debe realizar éste para mover el varillaje, que gira las hojas de persiana, ha dejado de emplearse prácticamente.



En regiones muy frías, suelen cubrirse los radiadores con fundas de cuero que permiten descubrir más o menos espacio al paso del aire, según la temperatura ambiente.

Hoy en día, se usan entre otros procedimientos: un simple ventilador, un electroventilador, un par deslizante, o embragues de disco, hidráulico o electromagnético.

El primer sistema tiene la ventaja de la simplicidad del arrastre, pero existen los inconvenientes de que es inútil a gran velocidad, absorbe potencia y su funcionamiento es independiente de la temperatura del motor.

Otras veces el ventilador no recibe movimiento por correa y polea, sino que es accionado por un motor eléctrico, llamándosele *electroventilador*, y que entra en funcionamiento cuando el agua tiende a calentarse mucho; entonces, "su termocontacto" cierra el interruptor que da paso a la corriente eléctrica para dicho motor.

Con el método del *par deslizante*, el ventilador nunca se para, pero limita su régimen de giro a un valor determinado, aunque el motor gire más deprisa.

Otro sistema empleado es intercalar, como si fuera en el tornillo de la figura 4.11, un sencillo *embrague de disco* accionado por un termostato; al enfriarse el agua se desembraga automáticamente y el ventilador no consume potencia ni refrigera.

En ciertos modelos de Mercedes, Chrysler y camiones GMC, dotados de cambios automáticos, que no permiten la marcha apurada del motor, lo que se pone es un pequeño *embrague hidráulico* que, por su resbalamiento, hace consumir menos potencia al ventilador, y que enfría menos, cuando el motor va despacio.

Peugeot y Fíat, entre otros, usan un *embrague electromagnético* que, cuando el agua alcanza la temperatura de 84°, un termostato cierra un interruptor y pasa corriente eléctrica a un electroimán, colocado en el buje o centro del ventilador; al activarse el electro se convierte en un imán que se pega a su armadura, en la polea que mueve la bomba, y por tanto, se pone a girar dando corriente de aire a través del radiador. Cuando la temperatura del agua baja a 75°C, el termostato corta la corriente y el ventilador se para.

5. EL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN

5.1. El circuito clásico. Circuito abierto (fig. 4.4)

El agua, que circula por todo el circuito, va a refrigerarse al radiador que está equipado en su parte superior de un tubo de desagüe. De esta manera, al calentarse aumenta de volumen, escapándose una parte por dicho tubo. Tiene los inconvenientes de que en tiempo caluroso al llegar el agua a hervir en alguna ocasión, es preciso reponer el nivel del radiador con frecuencia, así como la necesidad de tener que añadir anticongelante en invierno.

Para remediar estos problemas se recurre al circuito de refrigeración bajo presión, que en el caso de ser "sellada", contiene una mezcla permanente de anticongelante y agua.

5.2. Refrigeración a presión

En todos los vehículos modernos se hace hermético el sistema de refrigeración para que el agua no comience a hervir hasta pasados los 100°C, con lo que el rendimiento del motor mejora, y se pierde menos agua y anticongelante. El tapón del radiador, que cierra herméticamente, está provisto de una válvula de seguridad, que se abre sola en cuanto la presión del sistema alcanza el valor calculado: de 4 a 7[8] libras es lo corriente; alguna vez se llega hasta 15 libras, y en otras ocasiones, como Buick, tan solo se alcanza 2 libras de presión.

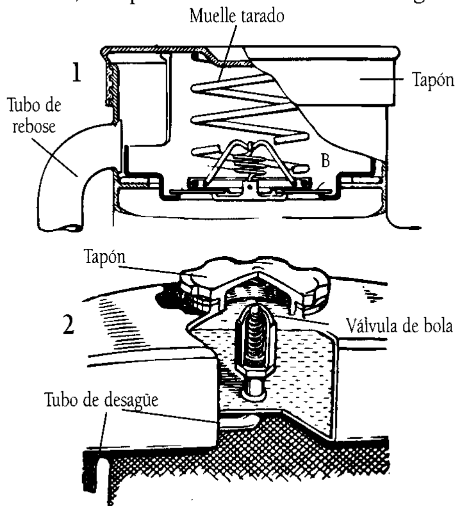


Figura 4.17.

El tapón (Fig.4.17-1) oprime la válvula B mediante el resorte tarado; cuando hierve el agua y se convierte en vapor a presión, éste empuja a B venciendo al muelle, y el vapor escapa por el tubo de rebose, con lo que baja la presión y vuelve a cerrarse la válvula.

Hay una segunda válvula, más pequeña, E, que abre hacia dentro, y que está sostenida por el muelle F. Cuando el motor se enfría, baja la presión, y se forma un ligero vacío; entonces, la presión atmosférica abre la válvula E y permite la entrada de aire.

En el detalle 2, se ve la disposición más sencilla, con simple válvula de seguridad, usada en otros casos. Bajo el tapón de cierre hermético hay una válvula de bola que cierra el tubo de desagüe, de manera que cuando la temperatura creciente del agua haría subir la presión por encima de la prevista, cede el resorte de la válvula y se descarga el vapor por dicho tubo.

En los automóviles que llevan este sistema, debe tenerse mucho cuidado al destapar el radiador, pues si el motor está caliente y hay presión, puede saltar, violentamente, agua hirviendo y vapor, a la cara y a las manos. El tapón debe desenroscarse poco a poco, permitiendo que el vapor salga progresivamente. Al volverlo a poner, se debe apretar a fondo para dejar bien sellado el cierre, habiendo comprobado antes, y de forma manual, que las dos válvulas se abren fácilmente.

Con este sistema, poco empleado, el radiador a presión, por funcionar casi siempre cerrado por la válvula, pierde poco vapor, con lo que el relleno de agua se hace más de tarde en tarde y habrá menos incrustaciones en los conductos del bloque y el radiador, pudiendo tener este último menor superficie de enfriamiento y menor capacidad, lo que favorece a los actuales diseños de las formas delanteras de las carrocerías.

5.3. Refrigeración sellada

Para que el conductor se despreocupe y resulte más fácil y cómodo el mantenimiento del sistema de refrigeración, se usa el sistema de circuito cerrado y sellado, al que sólo debe atendérsele cada 50.000 Km. En vez de colocar en el circuito, un tubo de rebose al aire libre y un simple tapón con válvula de seguridad, para refrigerar a presión, se combinan ambos con un *vaso de*

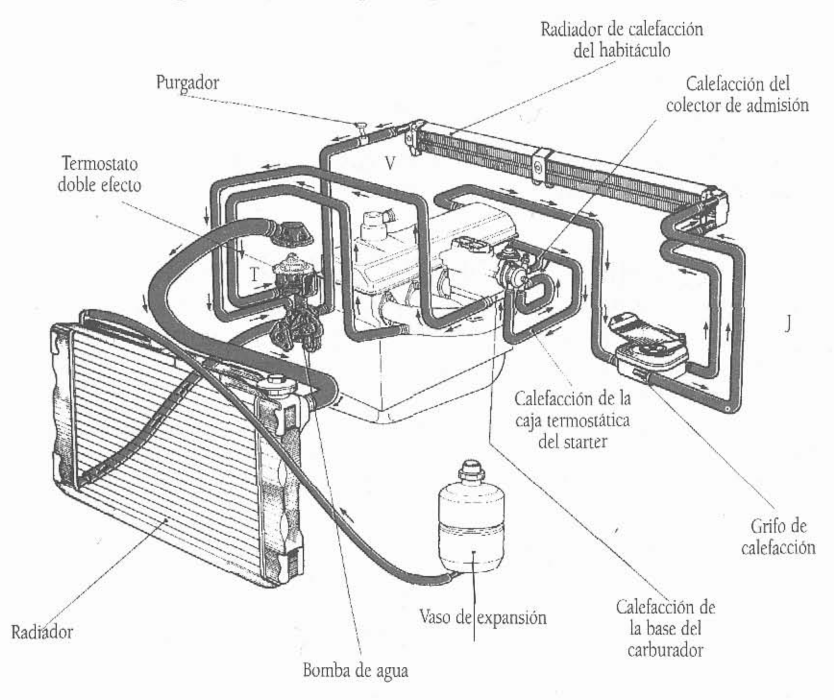


Figura 4.18.

expansión, de la siguiente manera: al arrancar el motor (agua fría), el radiador está lleno de agua y el vaso de expansión contiene una cierta cantidad de agua y encima aire, a presión atmosférica; cuando el agua del radiador ha alcanzado la temperatura de 100°C, se abre la válvula T (Fig.4.18) y el vapor producido por el aumento de la misma, así como el volumen de agua dilatada, van desde el radiador al vaso de expansión (depósito auxiliar), conservándose ahí y aumentando la presión del aire que está en el vaso de expansión. Cuando baja la temperatura en el radiador, y por tanto su presión, el aire comprimido del vaso de expansión hace que el líquido, más frío que el de la parte alta del radiador, retorne por el mismo tubo A, al radiador, refrigerando la parte alta del mismo y retrasando el punto de ebullición del agua. Éste sistema es el más empleado en la actualidad, cuando se calienta el motor el líquido se dilata y ocupa mas espacio en el vaso de expansión, allí disminuye la temperatura del mismo y es empujado por la presión de la cámara de aire hacia la parte alta del radiador refrigerando esta zona. Por eso no es conveniente que el vaso de expansión se llene en exceso de agua, tiene un nivel que hay que respetar para que exista una adecuada cámara de aire.

El vaso de expansión lleva una válvula de seguridad compuesta por: una válvula de depresión con su resorte tarado a 0,005 bares, que deja penetrar en el vaso la cantidad de aire necesaria para obtener una presión mínima (MIN) cuando parte del agua del vaso retorna al radiador, y una válvula de presión con un resorte tarado entre 0,8 y 1,2 bares, que se abre para estabilizar la presión en el vaso al valor máximo (MAX), cuando una parte del agua del radiador llena el vaso.

El vaso de expansión, que como se ha visto compensa las variaciones de volumen del líquido de refrigeración, y permite que el circuito funcione bajo presión, puede ser de diferentes tipos: metálico, de vidrio, y de plástico.

Todos los tapones vienen herméticamente sellados de fábrica, y el radiador lleno con agua y anticongelante, de modo que no puede haber pérdidas, ni el conductor tiene que ocuparse de nada.

Los tubos J y V son los de ida y vuelta del agua al "radiador" de la calefacción, donde en tiempo frío se caldea el aire que llega al habitáculo.

6. ENTRETENIMIENTO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

En tiempo frío, cuando el termómetro baja por las noches de 0°C, es decir, que hiela, deben tomarse precauciones para evitar que, al congelarse el agua del sistema de refrigeración y aumentar con ello de volumen, se rajen las camisas de los cilindros, la culata, la bomba del agua o el radiador.

La precaución más elemental sería vaciar el agua del sistema todos los días, echándola de nuevo, y a ser posible caliente, al otro día, cuando se vaya a poner en marcha el motor. Para evitar esta operación, es más práctico añadir al agua del radiador un producto que rebaje el punto de congelación del agua.

No obstante, cuando el vehículo vaya a estar sin funcionar durante un largo periodo de tiempo y exista posibilidad de heladas, sí es conveniente vaciar el circuito del sistema de refrigeración.

Diariamente deben de comprobarse los niveles, fugas, aflojamientos e indicadores de tablero.

Cuando se reponga agua en el sistema, es conveniente que ésta sea pobre en cal; es decir, usar agua de lluvia o destilada, si es posible. El anticongelante, para que sea eficaz, es recomendable cambiarlo cada dos años.

Así mismo, el radiador debe de estar limpio exteriormente; para ello, se lavará con agua a media presión (4 a 7 Kg/cm^2), de dentro hacia afuera. La limpieza interior, cuando proceda, se puede realizar con productos especiales que existen para tal fin, o con un preparado a base de agua con bicarbonato sódico, entre un 10 y un 20 por 100.

Si el sistema pierde agua, y no se ve por donde, un método para verificar la fuga consiste en someter el circuito a una presión de aire y verificar la misma.

7. ANTICONGELANTES

Lo más conveniente es usar los preparados anticongelantes que se venden en el comercio. Si son de una marca solvente, llevarán incorporados inhibidores, que impiden la formación de óxido y depósitos calcáreos en los conductos del radiador y camisas[(9)].

Aún no helándose el agua gracias a la mezcla anticongelable, la baja temperatura espesa o llega a congelar el aceite, de forma que la puesta en marcha del motor se hace difícil y, cuando se consigue, durante un breve periodo de tiempo, los pistones rozan y los cojinetes giran casi en seco, por no circular el lubricante por las tuberías de engrase. Por ello conviene, cuando menos, ante una situación de temperaturas mínimas extremas, dejar tapados el radiador y capó.

8. AVERÍAS EN LA REFRIGERACIÓN

Normalmente, la temperatura del agua del radiador es inferior a los 100ºC, es decir, que no hierve. En los vehículos modernos se recorren miles de kilómetros sin apreciable consumo de agua. Pero son de tan grave consecuencia para el motor los "calentones", que debe observarse, de cuando en cuando, y más en el verano, tanto la temperatura del motor como el nivel de agua en el radiador o en el vaso de expansión, en su caso, porque las altas temperaturas favorecen la evaporación del agua. Para lo primero, el conductor dispone en el tablero de instrumentos de un reloj indicador de temperatura y/o de un testigo luminoso, de color rojo, que se enciende al elevarse en exceso la temperatura del agua

Un consumo irregular de ésta, o el olor a aceite quemado a la vez que humea el motor, son síntomas alarmantes de avería.

8.1. Las causas que determinan un funcionamiento anormal del circuito, y por tanto las averías en el mismo son:

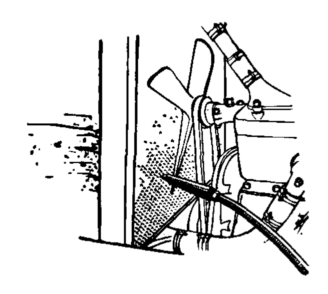
- Pérdidas de agua en el circuito.
- Calentamiento excesivo del motor.
- El motor tarda mucho tiempo en alcanzar la temperatura de régimen.

Las causas que se numeran a continuación son tratadas de forma generalizada, pues dependiendo del tipo y elementos del sistema de refrigeración en cuestión, tendrá más o menos aplicación lo que en el contenido de las mismas se cita.

8.2. Las causas de un calentamiento anormal o excesivo del motor son las siguientes:

1ª. Poca agua.

Descuido imperdonable, pues debe mirarse con frecuencia el nivel del radiador. El remedio es fácil: se añade agua, pero con la precaución de echarla poco a poco y con el


Figura 4.19.

motor en marcha, para evitar que una entrada repentina de agua fría en las camisas muy calientes del bloque, produzca un enfriamiento brusco y se rajen los cilindros o la culata. El nivel del agua del radiador debe ser hasta el tubo de desagüe, y si éste no se viera, no es perjudicial llenarlo del todo.

Conviene tener presente que el agua se dilata al calentarse, de modo que si un automóvil, con capacidad para unos 15 litros, al arrancar el motor tiene el agua a 5°C, al llegar a los 85° aumentará su volumen como medio litro, a causa, también, del vapor que se forma en los puntos más calientes del bloque. Este aumento de volumen, o bien se vierte al exterior por el tubo de desagüe (no significa que exista avería), o pasa al vaso de expansión, en el circuito sellado.

2ª. Radiador sucio por el exterior.

Cuando sea preciso limpiar el radiador por habérsele adherido suciedades, barro, insectos, etc., se puede lavar con una manguera (Fig.4.19) de dentro hacia afuera.

Para evitar que se moje el motor conviene cubrirlo con una tela impermeable. Nunca debe lavarse con petróleo, porque tardaría mucho en secarse y con el polvo, forma una grasilla que impide el enfriamiento del agua del interior. En caso de formarse esta película pastosa, se usará un pincel duro mojado en gasolina, o bien habrá que desmontar el radiador y dejarlo sumergido en gasolina varias horas, frotándolo luego con una brocha recia. En cualquier caso, hasta que esté seco no debe ponerse en marcha el motor.

El uso de faros suplementarios, placas, emblemas, etc., delante del radiador, le quita superficie de refrigeración, al impedir el paso del aire, y puede ser una causa de recalentamientos.

3ª. La correa del ventilador patina.

Ya se explico en la figura 4.12 cómo se efectúa el tensado, debiendo existir siempre una suavidad de atirantado que se mide apretando fuerte con el dedo pulgar en H (Fig.4.20), entre la polea basculante de la dínamo y la más alejada (en este caso la del cigüeñal), o bien introduciendo el mango adecuado de un destornillador, flexando la correa en ambos casos unos dos centímetros.

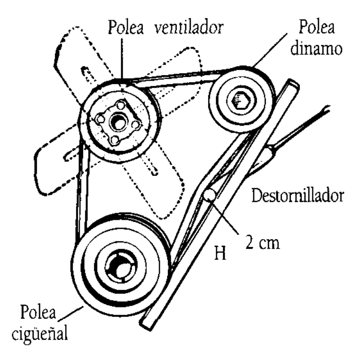


Figura 4.20.

A veces, resulta incómodo atirantar la correa moviendo la dínamo; en este caso, se puede impedir que patine frotándola, de momento, con resina, o con papel de lija fino, sin abusar, para ponerla un poco áspera y que agarre en las poleas.

4ª. El termostato funciona mal.

Si éste tuviera regulación exterior, debe ajustarse a la temperatura de la estación; por tanteos se va operando hasta que el motor deje de recalentarse. Si el reglaje no fuera suficiente o no existiera, como es lo normal, hay que comprobar el estado del termostato, desmontándolo con cuidado de su alojamiento, casi siempre a la salida del bloque hacia la parte alta

del radiador (Fig,s.4.13 y 4.15). Pero antes de culpar al fuelle metálico, que rara vez se estropea, y si lo hace deja abierta la válvula, se debe examinar el estado de ésta y su varilla de mando, posiblemente agarrotadas por incrustaciones, óxido o suciedad.

Después de efectuar la limpieza se prueba el termostato, frío y cerrado, moviéndolo dentro de un recipiente de agua que se pone a calentar; antes de que rompa a hervir, debe abrirse la válvula hasta alcanzar una separación de medio a un centímetro a los 85°C.

El termostato se estropea, si se rellena de agua, rápidamente, un radiador que estaba vacío, pues estando aquél cerrado no pasa agua a las camisas del bloque, formándose entonces una bolsa de aire, de tal manera que aunque rebose agua, realmente falta la mayor parte. Al arrancar el motor seguidamente, la poca agua que hay en el circuito hierve rápidamente, produciéndose un calentón, que podría dañar a las soldaduras del fuelle del termostato. Esto y una picadura en el metal, son las únicas probables averías del mismo, siendo más frecuente el agarrotamiento por suciedades.

5ª. Radiador y camisas obstruidos.

A la temperatura normal de funcionamiento del motor, el agua y el aire que circulan por el interior del sistema, atacan al hierro de las camisas, formándose una capa de óxido que, además de restar la transmisión de calor del metal al agua, se acumula en forma de barro o costras en el radiador, obstruyendo sus conductos. El motor tiende a calentarse en exceso, por lo que conviene lavar de vez en cuando el radiador, si no se usa un inhibidor mezclado con el agua.

El lavado se hace, previo vaciado, al llegar el motor caliente al garaje. Si no se dispone de agua caliente, para echarla inmediatamente y que arrastre los posos, se deja entibiar el motor, y luego se lava con más agua o con la manga a presión que, después de enchufarla de arriba a abajo, conviene acoplarla al orificio de vaciado para que el agua salga, en sentido contrario, por el de llenado.

Para evitar esa oxidación, es muy conveniente añadir al agua de refrigeración un "inhibidor" o antioxidante de los que se venden preparados en el comercio, siempre que su marca sea conocida y de confianza. En este caso no debe cambiarse el agua a menudo, basta con hacerlo lavando el radiador por dentro de vez en cuando. Si durante la época invernal se emplea anticongelante preparado de buena marca, no hará falta inhibidor, pues aquél suele ser antioxidante al mismo tiempo.

Otra causa de perturbación es que el agua corriente lleva disueltas sales cálcicas que, a medida que se va evaporando aquella, quedan adheridas a las paredes del recipiente donde se calienta. Puede hacerse la prueba hirviendo agua "gorda", en un recipiente hasta consumirlo por completo; se verá en las paredes una costra blanquecina, tanto mayor cuanto más "dura" sea el agua.

Esa costra, como la del óxido, dificulta el paso del calor en las camisas y va estrechando los conductos del radiador, aparte de que estorba al movimiento del termostato. Por ello, si se consume poca agua y no se cambia, el peligro de las incrustaciones será mínimo; para lo cual conviene usar un inhibidor del óxido para no tener que cambiar el agua por esta causa.

Si no se emplea inhibidor, convendrá usar agua destilada o de lluvia, que no llevan sales disueltas; pero como lo usual es echar agua corriente habrá que hacer de tarde en tarde una limpieza interna del radiador para quitar la costra calcárea[10].

Esta limpieza nada tiene que ver con el lavado para expulsar el óxido; la periodicidad depende de la clase de agua empleada y del consumo que de la misma haga el motor del vehículo. Si gasta mucha (sin que haya fugas) y además el agua es dura, la limpieza se hará

más a menudo que en los casos contrarios. Si la circulación es por termosifón, como los conductos son más amplios, pueden aumentarse los plazos.

El lavado de desincrustación se hace de la siguiente manera: se prepara un recipiente con diez litros de agua caliente, en la que se disuelve un kilogramo de sosa (no hace falta que sea cáustica, basta con carbonato de sosa), que se vende en las droguerías. Estando el motor caliente se vacía el radiador y se echa la mezcla preparada (si caben más de diez litros, se llena con la misma proporción de cien gramos de sosa por litro de agua). Como conviene que actúe en caliente, se aprovecha cuando se vaya a hacer un largo recorrido; se echa la solución de sosa antes de realizar el trayecto, y al terminarlo se vacía de nuevo el radiador y se deja enfriar el motor. En el caso de que no se realice tal recorrido, se puede efectuar tal operación con el motor al ralentí acelerado durante media hora (sin que el agua llegue a hervir), dejándolo enfriar y vaciándolo posteriormente. Después se lavan el radiador y camisas con agua corriente (mientras se echa por arriba, debe dejarse salir por el orificio de vaciado), teniendo el motor en marcha, con objeto de que no quede nada de sosa dentro, que pudiera dañar la goma de los racores de unión al motor. Se debe cuidar de que la solución de sosa no toque la pintura de la carrocería.

Es posible que algo de aceite o grasa del eje del ventilador pase a la corriente de agua de refrigeración; se nota en que se ve sobrenadar por el orificio de llenado del radiador. El lavado se efectúa en la misma forma, pero la fuga se debe arreglar en el taller.

Si el motor tiene la culata de aluminio, no debe emplearse la sosa, usando entonces alguno de los preparados especiales que se venden en los comercios (mejores los alcalinos que los ácidos). En todos los casos, son preferibles al empleo de la sosa. Si no se encontraran aquellos y la culata es de aluminio, el radiador habrá de desmontarse, para ser limpiado en el taller.

El lavado con agua limpia se mejora si se dispone de pistola de aire combinada con la manguera: con ésta se llena de agua el sistema, tras lo que se corta y se da poco a poco aire a presión para expulsar aquella a borbotones, que arrastran toda suciedad; esto se repite con el chorro en sentido contrario (desde el orificio de vaciado hacia el de llenado). Pero en estos casos conviene desmontar previamente el termostato.

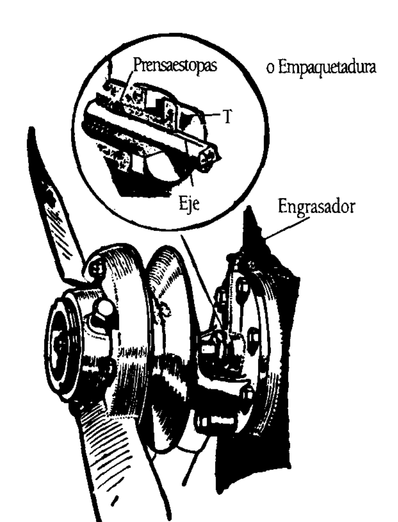


Figura 4.21.

6ª Radiador perforado o racores defectuosos.

Si el radiador pierde agua, el conductor sólo puede repararlo provisionalmente tapando con un preparado apropiado las hendiduras. No son recomendables los productos para mezclar o echar en el agua de refrigeración, sino los de aplicación externa. A falta de algún preparado comercial, puede improvisarse un "cemento" bastante aceptable con unos cien gramos de yeso en polvo (o de cal, pero es más lenta) batidos en una clara de huevo[11].

Para los racores, puede usarse cinta aislante, de la cual un rollo debe figurar siempre en el equipo del vehículo. La reparación definitiva, en todos los casos, la debe de hacer un especialista.

Los racores deben renovarse cuando se vean con tendencia a agrietarse. Si pierden por las uniones del radiador y del motor, se deben desempalmar para limpiar y untar con un líquido hermético, antes de unir de nuevo.

No es frecuente que haya fugas de agua por la junta de culata, pasando el agua a los cilindros. En el capítulo de "Engrase" se hablaba del caso de "agua en el cárter"; de modo que si se notara un consumo anormal de agua, sin que ésta haya hervido en el radiador, y no se descubriera la causa ni se acusaran los síntomas que aquí se explican, habría que pensar en la fuga por la culata y examinar el estado de la junta y de los cilindros.

7ª. Bomba de agua estropeada.

Se nota mirando por el tapón del radiador y observando si el agua circula con el motor en marcha. Las averías pueden ser debidas:

a) Rotura del árbol de mando. Reparación de taller.

b) Avería interior: rotura de paletas, etc. Reparación de taller.

c) Fugas por el cárter de la bomba.

El eje de la bomba (Fig.4.21), ya se dijo que lleva una empaquetadura o prensaestopas. Cuando la misma se afloja, puede apretarse con la tuerca T, poco a poco, hasta que no hay pérdida de agua; en caso de agotarse la capacidad de apriete, debe reponerse la empaquetadura. El eje de la bomba suele llevar un engrasador que se debe lubricar con bastante frecuencia.

Algunas bombas usan como empaquetadura un disco de grafito oprimido por un resorte; en este caso no cabe el apriete, sino la reposición del grafito o del muelle.

8.3. Otras causas de calentamiento del motor

Aquí se señalan algunas no imputables directamente al sistema de refrigeración, pero que conviene ir conociendo.

8ª. Falta de aceite, o aceite diluido.

Se debe usar el aceite adecuado, de buena clase, y cambiarlo con la frecuencia que se ha dicho (véase "Engrase del motor").

9ª. Retardo al encendido.

La causa más probable en los automóviles modernos, es que no funcionen los contrapesos del avance automático (ver el capítulo del "Encendido").

10ª. Mal reglaje del carburador.

Causa improbable en los carburadores modernos, a no ser que el "choke" o estrangulador automático, para el arranque en frío, quede cerrado a medias, o los calibres surtidores se hayan obstruido parcialmente, dando una mezcla pobre.

11ª. Silencioso obstruido.

Con el uso prolongado, los silenciosos llegan a obstruirse y se hace precisa una limpieza interior. Se ve si ésta es la causa del recalentamiento desempalmándolo del tubo de escape y observando si así funciona bien el motor. En caso afirmativo, se debe limpiar inmediatamente el silencioso para volverlo a poner después. No se debe circular nunca con el escape libre.

12ª. Motor recién ajustado.

Con los pistones y articulaciones rozando apretados en los cilindros y cojinetes se desarrolla una gran cantidad de calor. Por ello, el periodo de "rodaje", o sea, de suavización del roce entre metales recién ajustados (vehículo nuevo o recién reparado), debe cuidarse con un esmerado engrase, cambio frecuente del aceite y, sobre todo, llevando el motor siempre a una marcha moderada, pidiéndole poco esfuerzo y vigilando la temperatura para evitar calentones.

Por el contrario, puede ocurrir que el motor no se calienta y permanezca frío o tarda demasiado en calentarse.

En este caso, no conviene circular con el motor frío, porque el aceite está espeso y circula y lubrica mal. Para alcanzar rápidamente la temperatura de funcionamiento correcta, se coloca el termostato regulador, de modo que la causa probable del no calentamiento sea una avería de este aparato, que no cierra la válvula de agua o las persianas de aire. Ya quedó explicado como se comprueba. Si no es culpa del termostato, se debe tapar parte del radiador, especialmente en épocas invernales muy frías.

8.4. El fenómeno denominado "Cavitación"

En la figura 4.22, detalle A, se puede ver una camisa de cilindro picoteada y atacada de forma que con el tiempo llegaría a desaparecer. El empleo de anticongelantes inadecuados, puede llegar a oxidar las partes metálicas del motor creando óxidos de hierro, lo cual se detecta en el líquido que vemos en el vaso de expansión, se forma un barrillo de color gris claro que afecta a todo el sistema de refrigeración.

Por otra parte si existe aire en el agua de la refrigeración, porque no se haya llenado *bien el sistema purgando el circuito*, o bien que el tapón del radiador en los vehículos pesados o el tapón del vaso de expansión en los turismos, no cierre, puede producirse el fenómeno de la "cavitación".

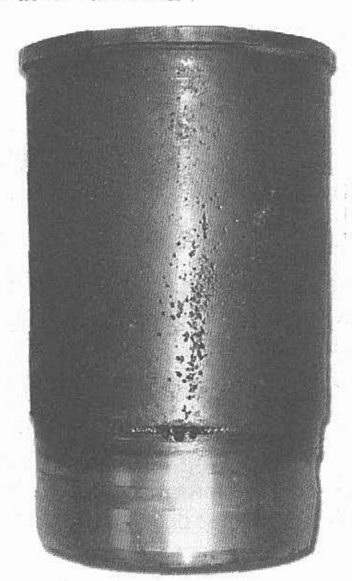


Figura 4.22. Detale A.

El agua caliente forma burbujas de aire que se separan momentáneamente de la camisa, explosionando, y al haber un vacío momentáneo entre la camisa y la burbuja de agua, la temperatura sube instantáneamente en alto grado (falla la refrigeración) causando la explosión de la burbuja una picadura en el acero de la camisa, llegando a formarse un *bombardeo de burbujas que perforan el acero* de las camisas por mucha dureza que tengan. El vacío puede reducirse si se emplea un anticongelante con una viscosidad alta y con una concentración en el líquido de cerca de un 50%. No conviene subir más la concentración pues se atacarían las piezas metálicas con peligro de corrosión.

La vibración que se produce en las camisas de los cilindros, en los vehículos pesados, favorece también el vacío explicado con los efectos del fenómeno de la cavitación.

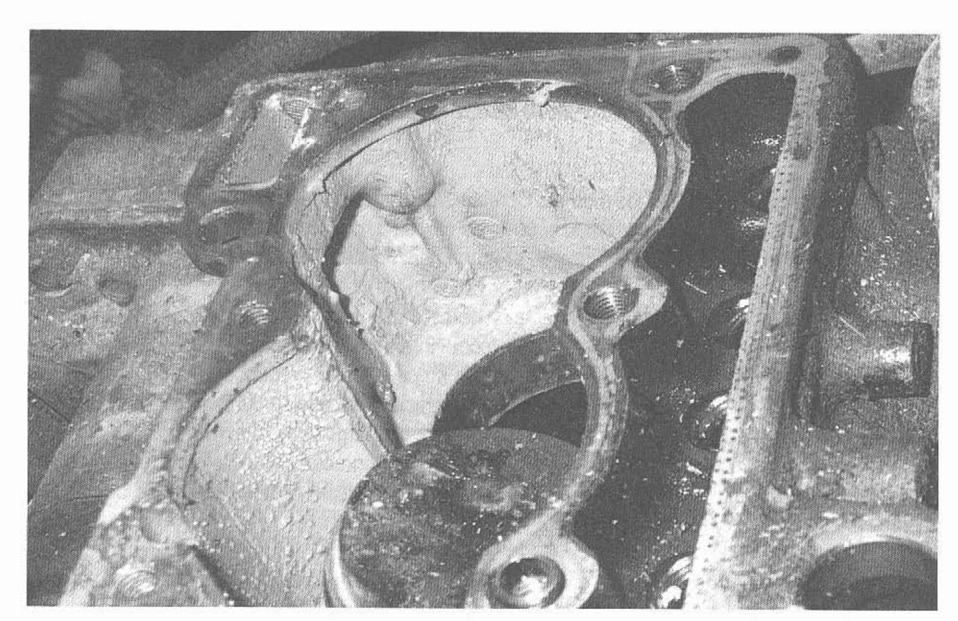


Figura 4.22.

Sobre todo en los vehículos pesados debe de existir un buen llenado del circuito de agua, eliminado cualquier cantidad de aire, además de emplear un buen anticongelante. Las picaduras pueden existir también en la bomba del agua.

Notas

1. **El agua hierve** a los 100ºC; el aceite de oliva, a los 320ºC, y el acero empieza a hacerse líquido a los 1400ºC.

2. **Así se refrigeran también** los motores Continental, usados por el Ejército americano, en buena parte de sus camiones pesados y en sus carros de combate, desde 4,4 a 29,4 litros de cilindrada, con potencias de 125 a 1.000 CV.; unos con cilindros horizontales opuestos y otros en V.

3. **Obsérvese que**, en realidad, la refrigeración del motor se hace con aire, pero, en vez de enviarlo directamente a los cilindros, se utiliza el agua como intermediario aprovechando que, por su facilidad en calentarse y enfriarse, resulta más cómoda su circulación alrededor del bloque para refrigerar éste, y luego enfriarla a su vez en la amplia superficie de aireación del radiador, muy superior a la que podrían presentar los cilindros si se expusieran directamente al aire.

La energía gastada por el sistema de refrigeración es muy grande: de toda la contenida y suministrada por la gasolina que se quema en el motor, una parte importante es absorbida por la refrigeración, que la disipa en el aire libre.

4. **Hace algunos años**, ahora no es frecuente, estaba muy extendido el sistema de colocar la bomba separada del bloque, entre las partes bajas de éste y el radiador, recibiendo movimiento desde el cigüeñal por medio de engranajes o cadenas.

5. **Los de cuatro o seis palas**, generalmente, no las llevan espaciadas por igual, con objeto de que no silben al cortar el aire.

6. **Para darse cuenta** de la importancia que tiene el funcionamiento a la debida temperatura, pueden servir los siguientes datos: si el agua está a 40º, el desgaste de los cilindros es seis veces mayor, y el consumo de combustible aumenta un 20 por 100, a la vez que se pierde el 8 por 100 de potencia. Con el agua fría, a 4ºC, el desgaste sube a 24 veces más que el normal, y la pérdida de potencia es del 12 por 100, gastándose un 35 por 100 más de combustible. Estas cifras indican, claramente, por qué conviene que el motor se caliente pronto hasta la temperatura de funcionamiento normal.

7. **Generalmente, está lleno de un líquido volátil** (o sea, que hierve y se convierte en vapor a menos de 100ºC, que es la temperatura de hervor del agua), como son el éter, el alcohol, la acetona, etc.

8. **Con la sobrepresión citada de 7 libras**, que es la más usada en los turismos, el agua hierve a 110ºC. En los vehículos que usan la sobrepresión de 10 libras (0,7 Kg.), lo hará a los 115º. Todas las temperaturas internas del motor aumentan en proporción, pero es conveniente para obtener más potencia mecánica del combustible gastado. Esto lo han hecho posible los perfeccionamientos, en la preparación, de los aceites de engrase.

9. **Un procedimiento para preparar un anticongelante**, es hacer, en un recipiente grande, una mezcla de agua y glicerina neutra, en las proporciones más convenientes, según las temperaturas mínimas que se prevean. Ocho partes de agua con dos de glicerina (solución al 20 por 100), resisten sin congelarse hasta los 8º bajo cero; siete de agua con tres de glicerina (solución al 30 por 100), bajan el punto de congelación hasta los 12º bajo cero.

La parte del líquido que se gasta, y se precisa reponer es el agua, pues la glicerina no se evapora, y únicamente en caso de fugas habría de añadirse este producto. Ésta ha de ser neutra, y para contrarrestar la pequeña acidez que pueda llevar la glicerina comercial, basta añadir una cucharada pequeña de bicarbonato sódico. La glicerina ataca lentamente la goma de los racores.

Otra forma de preparar la mezcla, es a base de alcohol desnaturalizado (de quemar) en análogas proporciones que la glicerina; pero aquí sí que se evapora éste, y con él ha de rellenarse el radiador, comprobando con un densímetro la concentración de la mezcla. El alcohol ataca la pintura de la carrocería, por lo que esta solución debe manejarse con cuidado.

Pero entre los muchos productos anticongelantes que se pueden usar, el más empleado en la actualidad está formado a base de un hidrocarburo etílico con glicerina y alcohol, al cual se le añade bórax como inhibidor, agua destilada, un antiespumante y un colorante de identificación, con unas proporciones de: etilenglicol (90 a 95 %), bórax (2 a 3 %), agua destilada (un máximo del 2 %), y antiespumante y colorante (una pequeña proporción).

10. **No debe cambiarse el agua del radiador** más que con ocasión de una limpieza interior, porque cada vez que se repusiese con agua limpia, al hervir se aumentaría la costra perjudicial. Lo que debe hacerse es añadir agua para mantener lleno el radiador.

11. **Debe aplicarse rápidamente**, con el radiador vacío si sale el agua, para que se endurezca sobre la brecha. Aún es mejor si se aplica sobre tiras de tela, que a modo de vendajes, sirven para sujetar el emplasto. El radiador se llena, a continuación, de agua bien caliente, a ser posible hirviendo, para que cuaje la clara de huevo, y se haga la pasta insoluble, además de dura. Por esto quizás convenga la cal viva, pues al humedecerse, desprende calor que ayuda a coagular la clara, aunque debe manejarse con cuidado por lo corrosiva que es para los ojos y la piel.

Otro remedio, no tan bueno, es la miga de pan amasada con los dedos hasta convertirla en una especie de masilla.

Capítulo 5



La alimentación

1. EL COMBUSTIBLE

En este Capítulo se contempla la alimentación de los motores alimentados por carburador de gasolina. La instalación de alimentación en los motores modernos de inyección de gasolina, se trata en el capítulo correspondiente.

Todo lo que se expresa en este apartado, aunque a primera vista pueda parecer, en parte, desfasado, en función de la implantación generalizada de combustibles más ecológicos, y de la tendencia al empleo de otras fuentes de energía alternativas al petróleo y sus derivados, puede tener alguna vigencia y sobre todo, ayudar a comprender ciertos aspectos de los combustibles que se consumen y las repercusiones que los mismos tienen en el rendimiento del motor y en la contaminación.

El combustible generalmente empleado en los motores de explosión es la gasolina, obtenida por destilación del petróleo bruto que se encuentra en la Naturaleza, como resultado de la descomposición, durante miles de siglos, de grandes masas orgánicas (peces o vegetales, según las diferentes teorías) aplastadas, comprimidas, enterradas y mezcladas con sedimentos, barro, etc., en las gigantescas catástrofes geológicas que dieron origen a las últimas cadenas montañosas.

El petróleo bruto o aceite crudo, se extrae por medio de pozos que llegan a varios miles de metros de profundidad, en los yacimientos petrolíferos que están diseminados por el mundo en varias zonas.

Al salir el petróleo de los pozos se deja reposar en grandes depósitos, para separarle las materias terrosas y el agua, y luego se transporta por largas tuberías de centenas y miles de kilómetros, a los centros de destilación o embarque.

Las explotaciones más importantes son la del Sur y Oeste de Estados Unidos (1/3 de la producción mundial); Oriente Medio (Kuwait, Irán, Irak, Arabia), que da el 26 por 100; Venezuela el 18 por 100, y Rusia (zonas Ural-Volga y Cáucaso) el 16 por 100. El restante 7 por 100, se recoge principalmente entre Canadá, Méjico, Argentina, Colombia, Argelia, Sahara, Indonesia y Rumania.

COMPONENTES DEL PETROLEO BRUTO	DENSIDAD O PESO EN KILOGRAMOS POR	TEMPERATURA DE EBULLICION ENºC (Litros)	PROPORCION CON QUE SE OBTIENEN
A. Éter de petróleo.	0,65	45 a 70	45 %
B. Esencia de petróleo.	0,73	70 a 150	-
C. Keroseno petróleo para alumbrado.	0,80	150 a 300	6 %
D. Gasoil.	0,83	300 a 350	14 %
E. Aceites lubricantes.	0,86	350 a 380	3 %
F. Fueloil.	0,90	Superior a 380	20 %
G. Parafina.	Punto de fusión: se	derrite a unos 50º	
H. Alquitranes para asfaltos.	-	-	12 %
J. Cok de petróleo, otros residuos, etc.	-	-	

1.1. La destilación

La destilación, como parte del *refinado* del petróleo bruto, consiste en calentarlo progresivamente para que se vaporicen los diferentes hidrocarburos contenidos en el mismo, según sus distintas temperaturas de ebullición; estos se separan y se obtienen por el siguiente orden:

La mezcla de los líquidos A y B (llamados corrientemente éter y esencia de petróleo), después de limpia y refinada, es lo que se llama *gasolina*[(1)], de diferentes densidades según la proporción; es un líquido incoloro o ligeramente amarillento, de gran poder calorífico, inflamable y, en estado de vapor mezclado con aire, explosivo. El nombre de *bencina* resulta impropio, porque ésta es un producto *químico definido, que solamente entra en pequeña proporción en la composición de la gasolina.*

Si la destilación se detiene después de separado el gasoil (usado en los motores Diesel), la mezcla de los productos E, F, G, H y J que queda, es un líquido, que tras una ligera refinación se emplea como combustible en las calderas de vapor y especialmente en los barcos, hornos, calefacciones, etc., llamado *mazut o fueloil pesado.*

Si se prosigue la destilación del mazut, se obtienen los *aceites de engrase*, el *fueloil industrial* (combustible para grandes motores diesel marinos e industriales, calderas y hornos), *parafina*, *vaselina*, *alquitranes* (usados como asfalto), etc.; y el último residuo es un *cok* duro y compacto, empleado para los carbones de las lámparas de arco voltaico[(2)].

Como el consumo de la gasolina ha aumentado, enormemente, en los últimos tiempos, con el desarrollo del automovilismo, no es económica la sólo producción de ésta por destilación, porque obliga a extraer una cantidad de petróleo bruto desproporcionada a la utilización del resto de los componentes. Por ello se ha ideado y se practica el "*cracking*", segunda destilación, que consiste en someter al aceite pesado que queda después de destilar la gasolina a un tratamiento adecuado en tiempo, presión y alta temperatura, en presencia de catalizadores, de forma que se "rompan y desdoblen" las moléculas más pesadas de los hidrocarburos componentes, pudiéndose obtener del producto resultante nuevas cantidades de gasolina.

Si lo que se quiere es obtener más aceite, la segunda destilación se hace con depresión o vacío, en vez de presión.

En el cuadro anterior se vio, aproximadamente, el promedio que, en volumen de cada producto, se saca del petróleo bruto.

También se han efectuado estudios y ensayos numerosos para obtener *gasolina "sintética"*, partiendo de los carbones pobres y lignitos, con éxito industrial, aunque el precio resulta más elevado que para la gasolina natural[(3)].

Para no tener que importar tanta gasolina, es frecuente que en los países que carecen de petróleo propio, si en cambio les sobra alcohol, se mezcle aquélla con pequeñas proporciones

de este último o con benzol; por ejemplo, 70 por 100 de gasolina con 20 por 100 de alcohol y 10 por 100 de benzol. Esta mezcla resulta útil cuando la gasolina es de calidad media o baja.

1.2. Composición química de la gasolina

La composición química de la gasolina, como la del petróleo bruto, es a base de hidrógeno y carbono, en diferentes combinaciones químicas llamadas *hidrocarburos*. Para quemarse, necesitan combinarse el hidrógeno y el carbono con oxígeno; éste último, se encuentra en el aire, que está formado por una mezcla que contiene 20 partes de oxígeno, 78 dê nitrógeno (gas inerte que no interviene en la combustión), una porción muy baja de gases raros, una cantidad variable de vapor de agua, e impurezas. Estas mezclas de hidrocarburos contienen del 84 al 87 % de carbono, del 11 al 14 % de hidrógeno, 3 % de oxígeno, 1 % de azufre y 0,5 % de nitrógeno, como componentes más importantes.

La cantidad que, prácticamente, necesita un kilogramo de gasolina para quemarse, son unos 17 kilogramos de aire, o sea, 13 metros cúbicos (13.000 litros). Expresado en volúmenes, como un litro de gasolina pesa 740 gramos, y un litro de aire solamente 1,3 gramos, cada litro de gasolina necesitará, aproximadamente, 10.000 litros de aire.

En la figura 5.1 se señala, gráficamente, lo que ocurre en el interior del motor: cada litro de gasolina (compuesto por 110 grs. ó 1,22 m^3 de hidrógeno y 630 grs. de carbono), se quema y combina con 10 m^3 de aire (formado por 2,1 m^3 de oxígeno y 7,9 m^3 de nitrógeno). El resultado de la combustión, son los gases de escape que ocupan un volumen de 11 m^3 (compuestos por 1 Kg. de agua = 1 Litro en forma de vapor, 2,3 Kgs. ó 1,25 m^3 de ácido carbónico, y 7,9 m^3 de nitrógeno, que formaba parte del aire introducido). En la práctica, especialmente en ralentí, como la combustión no es perfecta, la parte de ácido carbónico es una mezcla de ácido carbónico y de óxido de carbono; este último, especialmente peligroso y venenoso.

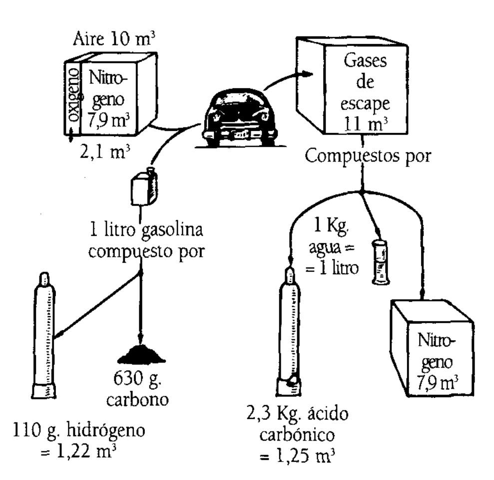
1.3. Características de los combustibles

El color, que justificado por razones comerciales, impone un código "rojo" para la gasolina ordinaria, y otro "amarillo pálido" para el supercarburante.

La densidad, que para la gasolina ordinaria se establece como ≤0,765 Kg./l., y para el supercarburante ≤0,770 Kg./l., y que influye sobre el consumo, como se verá en el "Capítulo de Carburación".

El índice de octano, o capacidad de un hidrocarburo para resistir la detonación, y que se desarrolla más adelante.

Los aditivos, como el tetraetilo o tetrametilo, cuyos valores han ido descendiendo con el paso de los años, según ha ido progresando la lucha medioambiental y anticontaminante, con la implantación de la gasolina sin plomo.



La gasolina y el oxígeno del aire, introducidos en el motor de un automóvil, se transforman, al quemarse, en agua (en igual cantidad que la gasolina) y ácido carbónico. El nitrógeno del aire sale igual que entra, sin intervenir en la combustión.

Figura 5.1.

1.4. El índice de octanaje

Para indicar el poder antidetonante de una gasolina, se emplea un número llamado *índice de octano*(4).

Cuanto mayor es el número de octano de la gasolina, mayor compresión permite y, por tanto, se obtiene más potencia para la misma cilindrada de motor y cantidad de combustible empleado. Además, las gasolinas de elevado número de octano apenas producen carbonilla, y el motor se mantiene limpio durante mucho más tiempo que con las corrientes.

La gasolina de mala calidad, es la que tiene un número de octano inferior a 63, adecuada para motores de compresión 5:1, de la época 1920-25, ya remota; entre 63 y 75, es considerada mediana y tampoco se vende en muchos países. Desde los 75 octanos, entra en la clasificación "regular o corriente", sobre todo entre 78 y 85. A partir de los 85 octanos, especialmente entre 90 y 95, recibe el nombre de gasolina *premium o supercarburante,* si bien esta denominación *"super"*, parece reservarse, últimamente, para los combustibles de 100 o más octanos. El número de octanaje se ha incrementado con la utilizacion de aditivos como el "tetraetilo de plomo". En la actualidad se ha suprimido este aditivo por sus efectos contaminates y se emplean "gasolinas sin plomo" de 95 y 98 octanos.

La proporción de este aditivo era pequeña, menos de un centímetro cúbico por litro de gasolina, pero *suficiente para causar tres efectos importantes:*

1°. Aumento notable del poder antidetonante, lo que, unido al progreso de las formas de las cámaras de combustión, ha permitido elevar la relación de compresión de modo notable en los últimos años.

2°. Para aminorar el efecto corrosivo sobre los metales calientes, y evitar la formación de costras dañinas, se usaba también el tetraetilo, convenientemente mezclado con menores proporciones de aditivos etilénicos. Aún así es necesario el empleo de materiales selectos, especialmente en las válvulas de escape.

3°. Los gases de escape resultan más venenosos con el plomo, por lo que debe extremarse la precaución de no hacer funcionar el motor en locales mal ventilados, y que no entren los gases en el interior del habitáculo, tanto por fugas como por la calefacción.

2. RENDIMIENTO DEL MOTOR

El rendimiento de un motor de explosión es muy reducido, pues la distribución de la energía química contenida en la gasolina, especificada en el siguiente cuadro, se transforma, convirtiéndose la mayor parte en calor perdido, y aprovechándose *sólo un 24 por 100 en forma de potencia disponible* en el cigüeñal (medida en el banco de pruebas con escape libre, admisión de aire fresco a la temperatura más adecuada y con el motor desprovisto de accesorios), que es la potencia indicada en las características dadas por los fabricantes, según las normas americanas SAE.

33 por 100, pérdida como calor en el agua de refrigeración del motor.
37 por 100, pérdida como calor en los gases de escape.
6 por 100, pérdida por la resistencia de frotamiento interno del motor.
24 por 100 restante, es el que resulta como potencia o trabajo útil.

De esta potencia (el 24 por 100), se consume aproximadamente (supuesto un motor que da entre 100 y 300 CV en el banco de pruebas), el :
2 por 100, en mover el ventilador.
2 por 100, en generación de electricidad por la dínamo o alternador.
3 por 100, por la resistencia que ofrece el filtro de aire a la admisión.
5 por 100, en que el aire bajo el capó, que es el aspirado por los cilindros, está unos 20º más caliente que el exterior y, por tanto, el llenado es peor, ya que el aire caliente ocupa más espacio que el frío y, para el mismo volumen aspirado, entra menos oxígeno a quemar la gasolina.
8 por 100, si la transmisión es automática, en el convertidor de par.
3 por 100, en los rozamientos internos del puente trasero.
7 por 100, en la tubería de escape y silenciador.
6 por 100, en el rozamiento/calentamiento de los neumáticos, que aumenta considerablemente con la velocidad.

Si la transmisión es automática, como su rendimiento aumenta con la velocidad, la pérdida en los neumáticos(el 6 %) se compensa con una menor de la transmisión, contándose sólo un 8 por 100 entre ambas. Si no es automática, al 6 % de los neumáticos, se le añade un 2 % en la caja de cambios, y da el mismo total del 8 por 100.

De cualquier manera la suma de todas estas pérdidas es de un 30 por 100, quedando, pues, disponible en las ruedas (para aceleraciones, pendientes, velocidad punta, resistencias de rodadura y del aire, etc.) tan sólo el 70 por 100 de los caballos indicados por el fabricante, que en el mejor de los casos no llega siquiera al equivalente del 17 por 100 (la sexta parte), de la energía química contenida en la gasolina.

2.1. La detonación

Según la volatilidad, densidad y procedencia, la gasolina es más o menos pesada; pero lo que realmente interesa al automovilista es su poder detonante.

La detonación es un fenómeno, que explica la figura 5.2. Normalmente, la chispa salta en la bujía (detalle 1) cuando el pistón está cerca del p.m.s., inflama inicialmente la mezcla, y los gases se propagan en todas las direcciones, principalmente hacia los extremos de la cámara de compresión, teniendo como punto de partida el de la inflamación inicial (detalles 2 y 3). Aunque a este fenómeno se le llama "explosión", la llama no se propaga instantáneamente, así que la fuerza explosiva (el "toneladazo") se aplica de modo rapidísimo, pero progresivo, al pistón, que a su vez se mueve muy de prisa. Pero al propagarse la llama, la dilatación de los gases inflamados puede com-

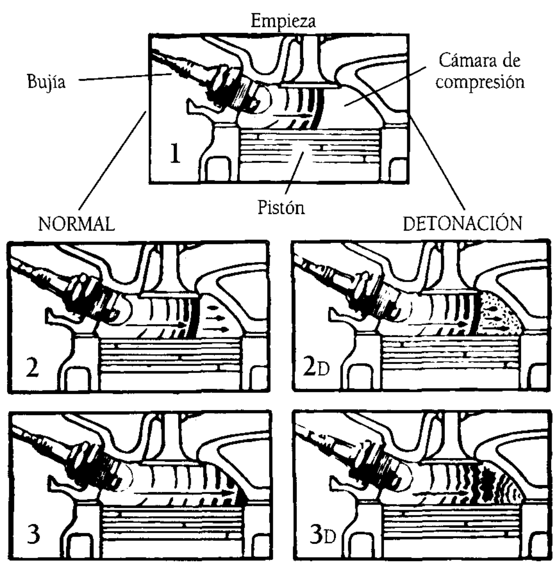


Figura 5.2.

primir mucho más la parte aún no prendida (detalle 2D), llegando a explotar por sí misma (dibujo 3D). Esta última, la verdadera explosión espontánea se propaga a una velocidad mucho mayor que la de inflamación(5), llegándole al émbolo antes de tiempo, adelantándose y chocando con la provocada por la bujía.

El resultado es una violenta vibración de los gases y de las paredes de la cámara, produciendo un agudo martilleo metálico, como si se agitaran perdigones dentro de una botella, conocido con la frase "*el motor pica*". Entonces, el motor se calienta, pierde potencia y "chilla".

Generalmente, las paredes citadas, culata y cilindro sobre todo, son de sobra resistentes para soportar la ruda vibración; pero la cabeza del émbolo es menos fuerte, y como recibe todo el "toneladazo" instantáneo y antes de tiempo, cuando quizá aún no ha pasado el p.m.s. y, por tanto, la biela no tiene oblicuidad para transmitir el esfuerzo en forma de giro al cigüeñal, el brutal golpazo han de sufrirlo, cuando están en línea recta o casi, la cabeza del émbolo, el bulón y los cojinetes de cabeza de biela y del cigüeñal. Por ambas causas, si el golpetazo (picado) se hace persistente, puede perforarse el fondo del pistón o machacarse los cojinetes.

Los fabricantes de automóviles se esmeran en conseguir motores de gran rendimiento, más caballos por litro de cilindrada y, por tanto, para el mismo gasto de combustible; pero parten del supuesto de que la gasolina empleada es de buena clase o se ha corregido para hacerla antidetonante. El aumento de rendimiento se obtiene aumentando la relación de compresión, y es aquí donde aparece la detonación: el combustible, que para una relación 5 no es detonante, lo es para la relación 6, por ejemplo.

Resumiendo, se puede decir que la detonación depende:

a) De las características de la gasolina.
b) De la forma de la cámara de explosión (conviene que los gases giren formando torbellino, al ser comprimidos).
c) De la colocación de la bujía, para que la chispa del encendido salte en el sitio más adecuado.
d) De la temperatura del motor, pues si se calienta demasiado tiende a "picar".
e) Del llenado de los cilindros, ya que cuanto mejor pueda ser (acelerador a fondo), la mayor cantidad de gases admitida eleva la compresión efectiva, favoreciendo la detonación. Con el acelerador poco pisado, el llenado de los cilindros es incompleto y la presión a que resultan comprimidos los gases es menor, por lo que se aleja la posibilidad de detonación.
f) De las revoluciones del motor, pues cuando gira muy rápido, la respiración no es muy amplia y el llenado es incompleto, mientras que girando a velocidades medias y bajas se facilita la entrada de gases y el buen llenado: con esto la presión de compresión resulta más alta y facilita la detonación.

Por esta causa, combinada con la anterior, los automóviles con cambio automático, pueden usar compresiones más altas en sus motores. La de 10 y más, es frecuente en los potentes vehículos, pues el cambio automático funciona en cuanto la velocidad disminuye, no permitiendo que el motor se apure a plenos gases (causas "e" y "f").

Al poderse aumentar la compresión han aparecido otras dificultades, que se citan más adelante.

2.1.1. Detección. Causas. Solución

El efecto detonante se observa, principalmente, cuando el motor bien ajustado, está sucio de carbonilla, ya que la presencia de esta costra en las paredes de la cámara de explosión achica su volumen , y ello equivale a un aumento de compresión. Por tanto, debe cui-

darse de tener el motor muy limpio y bien ajustado por dentro, para obtener el máximo rendimiento del combustible que se use.

También se detecta cuando el motor se hace viejo y adquiere holguras, disminuyendo el cierre que hacen el asiento de las válvulas y los segmentos, perdiéndose parte de la compresión, por lo que el motor dejará de golpear y parecerá que la gasolina no es detonante; pero, en realidad, el motor gastará más combustible y dará menos potencia, disminuyendo su rendimiento (a la larga, implica más gasto que si se reparase para ajustar cilindros, pistones, segmentos y válvulas, dejándolo nuevamente en su debida compresión).

En los motores de dos tiempos, la mezcla de aceite hace la gasolina detonante, cualquiera que sea su clase, quedando con un número de octano entre 45 y 60. Por esta razón, es inútil gastar más dinero, poniendo *gasolina super*; pero es que además, el tetraetilo de plomo precipita en sales, que ensucian el motor y especialmente la bujía.

Cuando se presente la detonación (véanse también las explicaciones sobre "Avance al encendido", "Autoencendido", y el apartado de "Investigación de averías"), lo más probable es que sea por haber repostado gasolina de bajo índice de octano. Como solución, de momento, no se debe apurar el motor, llevándolo bastante revolucionado a pocos gases, o sea, circular con una combinación del cambio inferior a la normal; en este caso de apuro, puede amortiguarse esta anomalía, tirando del estrangulador, si es manual, en el momento que aparezca el ruido, pues la detonación se produce menos con mezclas ricas. Es una solución de emergencia, perjudicial para el motor, ya que el exceso de gasolina lava el aceite de los cilindros, deteriora el del cárter, forma carbonilla, da poca potencia, etc.

Si el martilleo es muy frecuente, es decir, que la detonación se produce casi constantemente, después de comprobar que el sistema de refrigeración funciona con eficacia, se debe actuar sobre la puesta a punto del encendido, retrasándolo poco a poco hasta encontrar una posición en la que casi no se presente el martilleo; estos ensayos se deben hacer con escrupulosidad, aprovechando un recorrido de cierta distancia para cada tanteo, sobre el retraso del encendido. No debe hacerse un retraso en la posición inicial del avance, que lleve consigo una pérdida apreciable de potencia. En el "Capítulo de Encendido" se trata este asunto con detalle.

2.2. El autoencendido

El aumento de temperatura que lleva consigo ese aumento de compresión, puede producir el autoencendido de la mezcla, fenómeno enteramente similar a la detonación. Realmente en este último caso (detonación), el fenómeno se produce también por un aumento de compresión, propagándose la combustión en la misma forma que los movimientos vibratorios, mediante ondas que comprimen más aún a los gases que todavía no han sido inflamados . Estos últimos, se "autoencienden" o explotan teniendo un origen distinto, y "chocando" con las ondas que provienen de la bujía.

En el *fenómeno del autoencendido*, la mezcla combustible se autoinflama por compresión, sin necesidad del concurso de la chispa eléctrica en la bujía, haciéndolo, por lo tanto, a destiempo y de forma perjudicial.

En los motores con alta compresión (a partir de 9,5), el autoencendido produce vibraciones hasta en la transmisión, y con ellas un zurrido o ronquido (bronco, sordo y prolongado), parecido al que causaría un apoyo de cigüeñal flojo o una rotura mecánica. Hay quien dice que, el motor ruge, truena o rumbla (del inglés "rumble").

Por esta causa, el aumento en compresiones elevadas se detuvo hace años, e incluso retrocedió ligeramente. Para soslayar los inconvenientes se ensayan y comienzan a usar otros aditivos

para la gasolina, además del tetraetilo de plomo y las sales etilénicas, como algunos compuestos orgánicos de fósforo y de boro. También con la misma intención de complementar o de sustituir el tetraetilo, se ensayan sales orgánicas de manganeso y el tetrametilo de plomo.

2.3. El encendido superficial

Otro fenómeno distinto, pero con resultados muy parecidos, es el de *encendido superficial*. Consiste en la prematura inflamación de la mezcla, también sin necesidad de la chispa, por una superficie muy caliente, o una rebaba incandescente, carbonilla, etc.

Una bujía de grado térmico muy alto (muy caliente), lleva consigo la aparición del encendido superficial, mientras que una bujía de grado térmico muy bajo (muy fría), dificulta el arranque del motor y se engrasa, al depositarse sobre la extremidad y paredes del aislante, las partículas de aceite no quemadas en la combustión.

Con pocos gases apenas se nota y sólo lo denuncia el que el motor sigue girando un rato, a pesar de cortar el encendido. A medios gases o en motores de compresión corriente, aparece el golpeo, pero no continuo como en la detonación, sino irregular.

3. EL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN. MOTORES CON CARBURADOR

Para que se pueda llevar a cabo la carburación, se precisan una serie de elementos como: un depósito de gasolina, unos circuitos de ida y retorno de ésta, una bomba que la eleve desde el depósito hasta el carburador, un filtro de aire, unos colectores de admisión y escape, y un carburador (Fig.5.3).

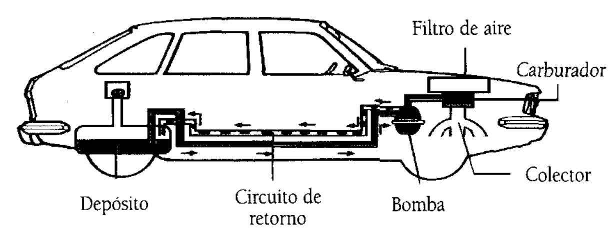


Figura 5.3.

La carburación tiene por objeto preparar una mezcla combustible, de aire (comburente) con gasolina pulverizada (carburante), en una proporción tal, que de su inflamación por una chispa (tarda, en arder, alrededor de 2 milésimas de segundo), resulte una combustión tan rápida y completa, que parezca casi instantánea. La potencia expansiva de esta explosión, es la que se aprovecha en los cilindros del motor para empujar con fuerza (ya se dijo, que era del orden de una tonelada) los pistones, que por medio de las bielas, hacen girar al cigüeñal, y éste a las ruedas, provocando el desplazamiento del vehículo.

La mezcla, llamada *aire carburado*, se prepara en el *carburador*, debidamente pulverizada, dosificada y homogeneizada (misma composición en todos los puntos). La proporción ideal, es de 13.000 litros de aire por cada litro de gasolina, pero el carburador debe poder variar la dosificación, con objeto de disponer de mezclas ricas (con más gasolina) en el momento del arranque, en que, por estar frías las tuberías de admisión, parte del combustible se condensa en gotas sobre sus paredes interiores, empobreciendo demasiado la mezcla, por lo que ésta debe salir con un exceso compensador de gasolina, que se proporciona con el uso del *estrangulador* o el *stárter*; lo mismo ocurre cuando se necesita la máxima potencia del motor (aceleraciones, adelantamientos, pendientes, altas

velocidades, etc.), porque las mezclas ricas, si bien no queman todo el combustible, dan, dentro de ciertos límites, explosiones más potentes. La dosificación normal (económica), queda reservada para la marcha corriente. Estas variaciones, las dan los modernos carburadores de forma automática, adaptándose por sí solos a las necesidades del trabajo.

Claro está, que las mezclas ricas al quemarse incompletamente, producen carbonilla, que se adhiere a las superficies interiores de la cámara de combustión, y parte de la gasolina, no quemada, pasa a diluir el aceite del cárter, como se dijo con anterioridad; además, debilitan el rendimiento del motor, aumentan el consumo y provocan una mayor polución. Por ello, estas mezclas ricas se limitan a los momentos en que son indispensables.

Las mezclas pobres, también repercuten negativamente sobre el rendimiento del motor y la polución, provocando asimismo un calentamiento, adicional, del motor.

3.1. El depósito de gasolina

El depósito (Fig.5.4), es uno de los elementos que más han evolucionado últimamente, no sólo por el aumento de volumen, que permite unas autonomías medias de unos 500 kilómetros, sino por la disposición interior, y sobre todo por el diseño y materiales empleados en su fabricación.

Compartimentado, para evitar los movimientos oscilantes del combustible y consiguiente repercusión sobre la estabilidad del vehículo, se suele ubicar fuera del alcance de las deformaciones programadas para las carrocerías en caso de choque o vuelco; normalmente, va colocado en la parte posterior del vehículo, y en muchos casos bajo el asiento trasero.

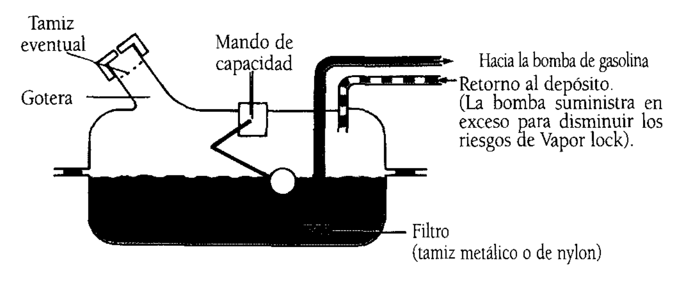


Figura 5.4.

El material que se suele emplear para la construcción del depósito, es a base de chapas de acero estañadas o galvanizadas, con una protección interior para evitar la corrosión debida al vapor de agua, o bien de material plástico.

El tapón de llenado, si es ventilado, dispone de un pequeño agujero, que no se debe de obturar, para permitir que entre el aire en el depósito a medida que baja el nivel de combustible. Si no es ventilado, es porque el depósito dispone de un sistema de desgaseado.

3.2. La bomba de alimentación

Para elevar la gasolina, desde el depósito hasta la cuba del carburador, se utiliza una bomba que puede ser mecánica o eléctrica(6).

En la figura 5.5, se muestra esquematizada, la situación relativa de la bomba mecánica (la más utilizada en los vehículos corrientes), colocada en un costado del motor o en el centro si es en V, siempre cerca del árbol de levas, que se encarga de suministrar gasolina al carburador; ésta, llega desde el depósito por una tubería que tiene unos racores flexibles, para permitir los movimientos de la sujeción elástica del motor respecto al bastidor A. Desde el depósito llega también al tablero de instrumentos un cable eléctrico, que le indica al conductor el nivel de combustible.

3.2.1. La bomba mecánica

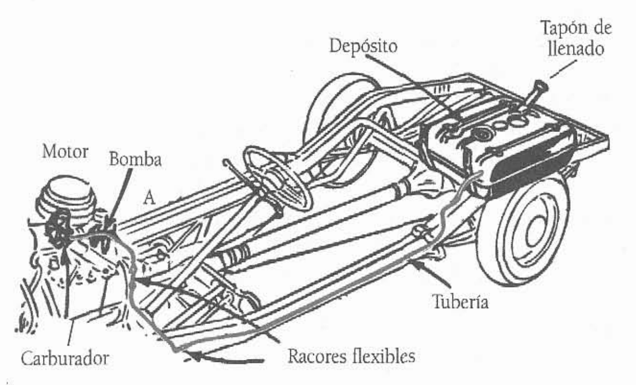


Figura 5.5.

El tipo más extendido de *bomba mecánica, aspirante-impelente*, llamada así por ser de mando mecánico, es el "AC" (Fig.5.6), siendo los demás modelos muy semejantes entre sí, pues trabajan con arreglo al mismo prin-cipio. Esta bomba está mandada por una leva especial del árbol de levas, bien directamente, o bien por intermedio de un enlace.

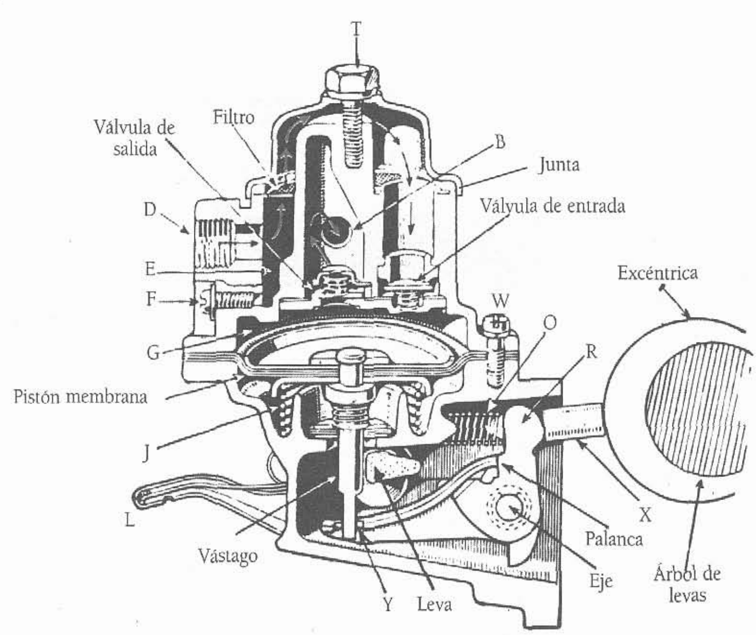


Figura 5.6.

Su funcionamiento, es el siguiente: el pistón-membrana, hecho de tejido a base de caucho sintético o de plástico, está sujeto entre dos platillos, que a su vez están unidos en su centro, sobre la parte alta del vástago; éste último, tiende a estar subido porque el resorte J empuja hacia arriba los platillos y la membrana. El extremo inferior del vástago lleva un ensanche que le enlaza a una hendidura de la punta Y de la palanca, pivotante alrededor de un eje, y cuyo extremo R es mantenido por el resorte O, siempre apoyado sobre la excéntrica del árbol de levas, bien directamente por palanca acodada (Fig.5.7) o por intermedio de un enlace X. Es decir, la palanca R-Y puede tirar del extremo del vástago, pero

no lo puede empujar porque su hendidura Y se desplaza hacia arriba por la parte delgada del mismo.

La bomba, naturalmente, está colocada a un costado del árbol de levas del motor, existiendo en el bloque de éste un orificio por el que entra X o R, a apoyarse en la excéntrica del árbol de levas.

Cuando el extremo R de la palanca, es empujado por la parte más saliente de la excéntrica (como en la figura), el extremo Y baja y tira del vástago, o sea, de la membrana, comprimiendo el resorte tarado J y creando una depresión que succiona, por la válvula de entrada (aspiración), la gasolina de la tubería que llega desde el depósito trasero del vehículo hasta D. Así se llena el espacio G, por encima de la membrana.

Al entrar la gasolina en la bomba (flechas rojas), atraviesa el filtro de fina tela metálica. En otros modelos, el filtro está en una cuba de cristal entre D y la tubería de admisión.

Cuando el brazo R de la palanca, apoya en la parte menos prominente de la excéntrica, el otro extremo Y no empuja a la membrana (característica de las bombas aspirantes), porque corre libremente en la parte baja afilada del vástago, de tal modo que la membrana, y con ella el vástago, sube por acción del resorte J, empujando la gasolina de G hacia la válvula de salida (impulsión), y por el conducto B hacia la cuba del carburador.

Las flechas negras, indican el recorrido del combustible a través de las válvulas de entrada y salida.

La presión de gasolina suministrada por la bomba, debe ser suficiente para asegurar la alimentación a todos los regímenes. La gasolina sale en la medida que es consumida por el motor, pues si la cuba está llena y la aguja cerrada, el resorte J no ejerce la suficiente presión para vencer la fuerza del flotador que cierra la aguja de entrada a la cuba, de modo que la alimentación queda exactamente proporcional al gasto del carburador, mediante la autorregulación de la bomba por alguno de los siguientes procedimientos: palanca deslizante, palanca partida o con reenvío(7).

Las impurezas que detiene el filtro quedan en la cámara E, de donde pueden extraerse quitando el tornillo F. La bomba es muy fácil de limpiar; quitando el tornillo superior T, se saca la cúpula para examinar si se han obstruido las válvulas, o roto sus muelles. Hay que tener cuidado con la junta de estanqueidad, pues el espesor de ésta entre el cuerpo de la bomba y el bloque de cilindros condiciona el caudal de la bomba; asimismo, debe hacer un cierre hermético. La membrana, que realiza una carrera del orden de algunos milímetros, es la otra pieza que puede estropearse con el uso; para sustituirla, se desarma la bomba quitando los tornillos W; no obstante, pese a la facilidad de desmontaje, nunca debe hacerse sin necesidad, ni cambiar los resortes de las válvulas o el de la membrana por otros de distintas fuerzas.

Para cebar la bomba, que trabaja a una presión de unos 0,250 bares, sin recurrir al arranque eléctrico, en caso de que se haya descargado la cuba, se puede hacer manualmente mediante la palanca L, la cual hace girar la leva que acciona el extremo de la palanca R-Y, haciendo que la membrana se mueva y cargue la cuba. La palanca L sirve también para comprobar el funcionamiento de la bomba, sin necesidad de desmontarla.

3.2.2. Bomba de gasolina combinada con bomba para vacío, ambas mecánicas

En la figura 5.7. se representa un modelo de bomba “AC”, en la que la parte alta es para la gasolina, que entra por A, pasa por el filtro de cristal, entra por la válvula B, aspirada por la membrana C, y sale por la válvula D y conducto E a la cuba del carburador. Obsérvese la presencia de una cúpula de aire, en la que al subir la membrana, parte de la gasolina va a la cuba del carburador y el resto se mete en esa cámara o cúpula comprimiendo el aire,

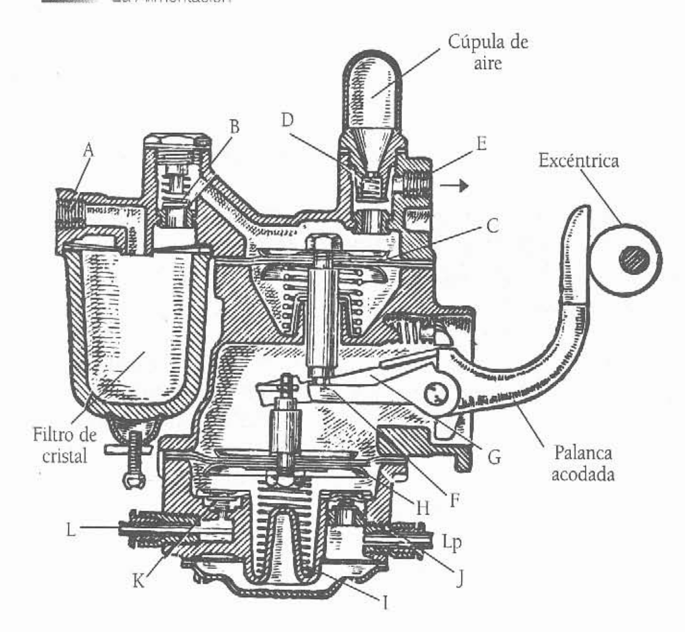


Figura 5.7.

el cuál a su vez, mientras la membrana baja para hacer la aspiración, oprime la gasolina de modo que ésta fluye continuamente hacia la cuba.

La palanca acodada, que se apoya en la excéntrica del árbol de levas, termina en dos ramas: la F para la bomba de gasolina y la G que acciona otra membrana H, para la bomba de vacío, que es empujada por el resorte I y manda las válvulas J y K. Por L se comunica con el colector de admisión (depresión variable) y por "Lp" con el limpiaparabrisas, que necesita un grado de vacío lo más constante posible.

Cuando el saliente de la excéntrica hace bajar, por la palanca y una de sus ramas, a la membrana H, el aire que había en la cámara inferior sale por la válvula K y por L, al colector. Cuando la palanca se apoya en el entrante de la excéntrica, el diafragma H puede subir empujado por el muelle I y aspira por "Lp"; es decir, que hace el vacío al limpiaparabrias, que funcionará. Si éste no se usa, el vacío del colector de admisión L mantiene baja la membrana que no hace apenas movimiento.

Si el vacío del colector L es mayor que el creado por la membrana H, aspirará el aire del limpiaparabrisas "Lp", a través de ambas válvulas; o sea, que la depresión del colector de admisión hará funcionar el limpiaparabrisas como si no estuviese intercalada dicha membrana.

Pero si la depresión que llega por L es reducida (por ejemplo, acelerador a fondo), el vacío que reduce el trabajo de la membrana H será mayor y accionará el aparato sin interrupción.

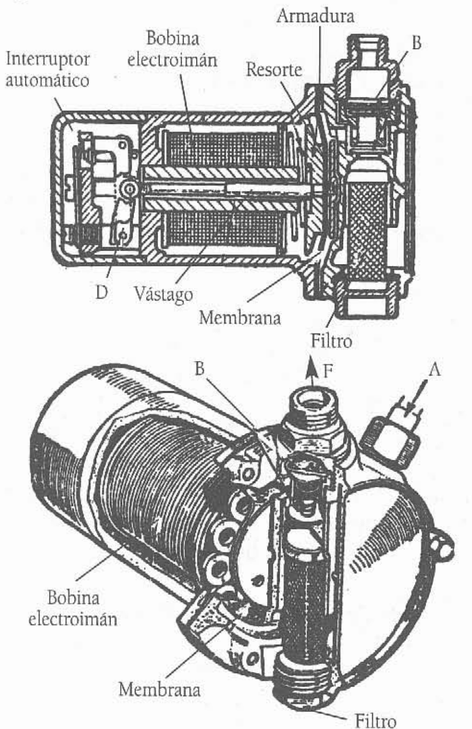


Figura 5.8.

3.2.3. La bomba eléctrica

En las bombas eléctricas aspirantes se manda la membrana, en su movimiento de aspiración de la gasolina, por medio de un electroimán que recibe la corriente de la batería de acumuladores, y el envío al carburador se hace por la fuerza de un resorte, como en las bombas mecánicas.

La figura 5.8, representa, en corte y perspectiva, una bomba de esta clase. Dentro de un cilindro metálico hay una bobina electroimán que recibe la corriente de la batería por intermedio de un ruptor automático. Cuando pasa la corriente por la bobina, ésta atrae su armadura que mueve la membrana a ella unida, aspirando gasolina, que entra por A, pasa por el filtro desmontable, y sale por la válvula superior B de admisión.

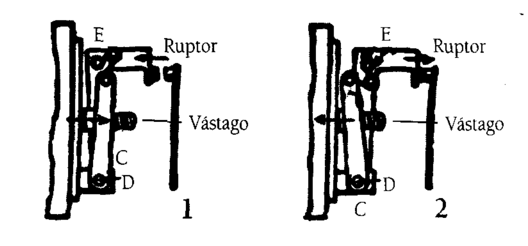


Figura 5.9.

Su funcionamiento es el siguiente: la armadura tiene un vástago interior a la bobina que, al asomar por el otro extremo, maneja un ruptor; de manera, que cuando pasa la corriente, el vástago retrocede porque la membrana es acercada al electroimán, aspirando gasolina. Entonces, llega un momento, (Fig.5.9-1), en el que la palanca C, articulada en D, mueve el inversor E, y separando los contactos del ruptor, corta la corriente. La membrana queda libre, y con el resorte (Fig.5.8), empuja la gasolina por la válvula superior y tubo F, a medida que la gasta el carburador. Cuando se va agotando la aspirada, el vástago (Fig.5.9-2), por medio de C, dispara en sentido contrario el inversor E, restableciendo el contacto eléctrico del ruptor, con lo que pasa de nuevo la corriente y vuelve a aspirar la membrana.

Existen dos tipos de bomba eléctrica: la de pistón deslizante, en la que éste está constituido por un núcleo en cuyo interior se sitúa la válvula de aspiración; y la de pistón deformable, en la que está constituido el pistón por un muelle metálico estanco, en cuyo interior se aloja el resorte.

En el modelo SU, la membrana es una película de plástico (terylene) de unas 4 dmm. de grueso, insensible al aceite, gasolina y aditivos. En la cámara del ruptor hay otro diafragma análogo, y entre los dos está relleno el aparato con aceite. La armadura del electroimán es un cilindro más grueso que el vástago, apoyado en un muelle como en el caso anterior, pero sin contacto con las membranas.

Al pasar la corriente, el vástago se desplaza a la izquierda, comprimiendo el muelle, y el aceite tira de la membrana que aspira gasolina. Cuando se carga la bomba, el extremo izquierdo del vástago (que es un imán) cierra un circuito magnético que actúa a través del aceite y abre el ruptor. Al cesar la corriente, el vástago y el aceite empujan la membrana y la gasolina sale por F. Así, pues, las membranas no tienen contacto metálico y sus caras sólo tocan aire o líquidos, con lo que su duración es muy larga, de tal modo que la membrana de la cámara del ruptor está entre aire y aceite, y la otra, entre aceite y gasolina.

Las bombas eléctricas se colocan horizontales o verticales, y pueden situarse cerca o incluso dentro del depósito de gasolina, lejos del calor del motor, como en algunos modelos de Jaguar (bomba Lucas) y de Lancia (bomba Béndix), cuyo fundamento(8) es análogo al descrito en la figura 5.8.

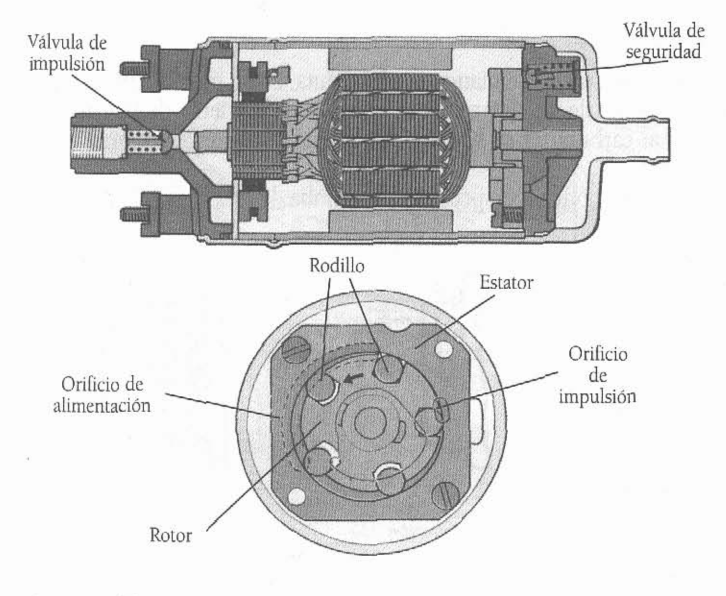


Figura 5.10.

Algunos vehículos, que van equipados con sistema de inyección, suelen llevar una bomba de rodillos (Fig.5.10), que va movida por un motor eléctrico, sumergido en la gasolina, de manera que el motor mueve el rotor centrifugando los rodillos contra el estátor. El volumen aumenta o disminuye, entre dos rodillos consecutivos, frente al orificio de alimentación o de impulsión, respectivamente, creando una aspiración o una impulsión. El riesgo de explosión no existe puesto que el volumen está lleno de gasolina. En caso de que faltase ésta, el motor del vehículo se pararía antes de que haya el suficiente aire en la bomba para crear una mezcla que pueda explosionar.

Las bombas eléctricas tienen, entre otras, las ventajas de que pueden ir colocadas en cualquier parte del vehículo, son mandadas por el contactor de arranque asegurando así la presión en el circuito antes de la puesta en marcha del motor, y se evitan los fenómenos de percolación ya que pueden situarse en un lugar ventilado, asegurando un caudal importante.

3.3. Filtros

3.3.1. El filtro de aire

El aire aspirado por el motor contiene polvo en suspensión, que debe ser eliminado para evitar que al mezclarse con el aceite de lubricación, forme una especie de pasta esmeril y desgaste las paredes de los cilindros, asientos de válvulas, etc. Se ha comprobado que los filtros corrientes de aire, reducen el desgaste de los cilindros en un 35 por 100, y los de papel bastante más.

Todos ellos se colocan a la entrada de la tubería de admisión, antes del carburador, y cumplen dos funciones: 1°, someter al aire a un movimiento de giro o cambio de dirección, que separa el polvo por la acción de la fuerza centrífuga (depuración), haciéndole pasar a continuación a través de una materia, que retiene las impurezas más finas que van en suspensión (filtrado); 2°, silenciar la entrada (aspiración), limitando en lo posible el silbido.

Para poder rebajar la altura del capó, en vez de colocar el filtro encima del carburador descendente, se sitúa inclinado a un costado.

Los filtros son de tres tipos:

Húmedo (Fig.5.11), que consiste en hacer pasar el aire, que entra por A, a través de una

esponja metálica, que previamente se ha sumergido y escurrido de aceite; la esponja generalmente, es a base de virutas de cobre contenidas en una malla, aunque puede ser de poliuretano (sistema anticuado), pareciéndose entonces a la de caucho fino. La cámara actúa como silenciador de entrada, y el aire sigue por B al carburador. Los cambios de dirección, y sobre todo, el paso a través de la esponja, despojan al aire de un 50 a un 60 por 100 del polvo. El filtro (la esponja metálica), debe lavarse con petróleo y volverlo a bañar en aceite limpio cada *5.000 a 10.000 kilómetros*, según el ambiente más o menos polvoriento en donde trabaje el vehículo.

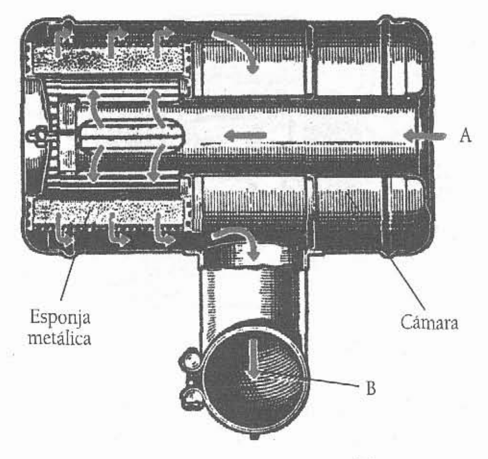


Figura 5.11.

En el filtro con baño de aceite (Fig.5.12), el aire entra por la abertura periférica A, baja, y al pasar por el estrechamiento en forma de venturi B, aumenta su velocidad, con lo que las partículas sólidas, más pesadas, son proyectadas sobre el aceite de la bandeja. Al pasar el aire, remueve y recoge gotas de este aceite, y al subir atraviesa la masa esponjosa de virutas metálicas C, en la que se quedan el aceite y el polvillo más fino, ayudados además, porque al ensancharse el paso disminuye la velocidad y el polvo es fácilmente retenido. El aire limpio sigue por D al tubo central, que lo lleva al carburador.

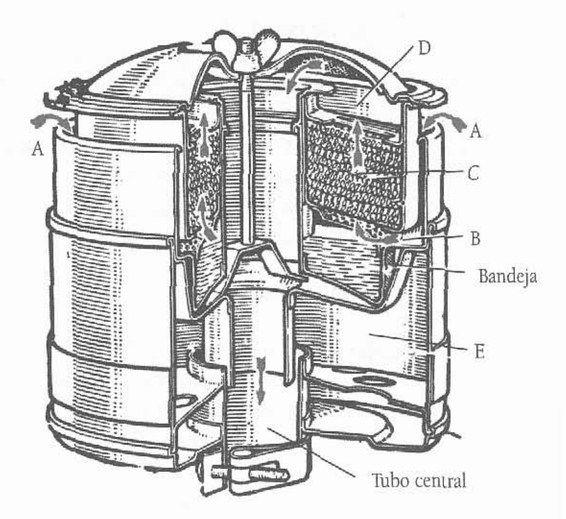


Figura 5.12.

La cámara E, situada debajo de la bandeja, así como el tubo que en ella rodea al tubo central, sirven para amortiguar las pulsaciones de aire producidas por la aspiración intermitente de los cilindros, y apagar las ondas sonoras, de modo que el aparato es a la vez silenciador en ambos sentidos.

Este tipo de filtros debe desmontarse cada 8 o 10.000 kilómetros, para lavar en gasolina o petróleo la esponja y la bandeja, y reponer en esta última aceite limpio, del tipo empleado para el motor. No hace falta aceitar la esponja, porque ya lo hace el aire entrante, al pasar cargado con gotas de aceite recogidas en la bandeja, además del salpicado que causa el traqueteo de la marcha del vehículo. El rendimiento oscila entre el 85 y el 90 por 100, bastante mejor que el de simple esponja aceitosa.

El filtro de papel o filtro seco (Fig.5.13), es el más moderno, sencillo, eficaz y el más usado, pues limpia el aire hasta un 98 por 100. El aire que entra por A, pasa a través de un acordeón de papel poroso (filtro de celulosa) o de tejido de algodón o de fieltro, que va encerrado entre 2 mallas me-

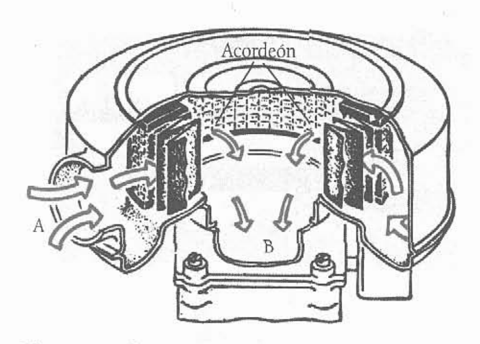


Figura 5.13.

tálicas (alguna vez aceitado), en el que los numerosos pliegues en zigzag ofrecen una amplia superficie de filtrado (para motores grandes, más de la mitad de un metro cuadrado), con poca resistencia al paso del aire y en un aparato que no es muy voluminoso, dejando el aire sus impurezas en la superficie externa del acordeón, y saliendo aquél por B.

Cada 5 a 8.000 kilómetros, según el ambiente de trabajo, se quita la tapa para extraer el plisado de papel (que está sujeto arriba y abajo por unos aros blandos), y se limpia. Para ello, o bien se deja caer de plano desde unos cinco centímetros sobre una superficie plana, para que se desprendan las impurezas, o se soplan suavemente con aire comprimido. De paso se examina detenidamente, por si hay fisuras o roturas. Si no se aprecian, se debe cambiar el elemento filtrante cada tres o cuatro limpiezas.

3.3.2. El filtro de gasolina

Aunque la gasolina se vende ya filtrada, conviene que una vez se suministre ésta en el vehículo, vuelva a filtrarse nuevamente para separarle las impurezas y el agua con que pueda haberse mezclado. Tal cometido lo cumplen, la bomba de aspiración y los carburadores, en sus respectivas entradas, en donde llevan una fina tela metálica, en la que quedan retenidos aquellos cuerpos extraños.

Los filtros propiamente dichos son también a base de tela metálica o de gamuza (que no deja pasar el agua).

3.4. Los colectores

3.4.1. El colector de admisión

El colector de admisión tiene por objeto repartir uniformemente la mezcla de aire-gasolina o el aire (inyección) entre los cilindros del motor, mejorar la homogeneidad de la misma, y mantenerla a una temperatura adecuada.

Desde el carburador, la mezcla va por tubos y conductos lo más cortos y rectos posible, con curvaturas perfectamente diseñadas y una adecuada simetría del sistema, a las válvulas de admisión. El tubo común, por el que se alimentan los cilindros, se llama *colector*.

En los motores de cuatro cilindros se emplea casi siempre un solo carburador, que se coloca como indica la figura 5.14, alimentando a uno y otro lado los cilindros por parejas; ésta es la disposición a que responde el árbol de levas de la figura 2.9, para una culata con válvulas en línea, donde se simplifica el recalentado de los gases; pero al tratar de la "Determinación del orden de explosiones" (en los "Reglajes"), se indicaron variantes impuestas por la refrigeración de las válvulas. En efecto: en la figura 5.14 se ven dos salidas de escape juntas, en el centro del motor. Para evitar este punto caliente se iniciaron las disposiciones E-A-E-A-A-E-A-E y la E-A-E-A-E-A-E-A, que actualmente se aplican también a cada bloque de los ocho cilindros en V.

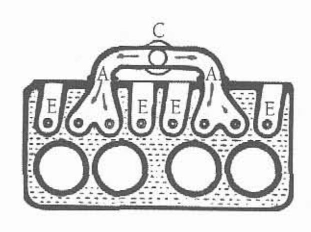


Figura 5.14.

En motores de seis cilindros, la colocación casi única era la de la figura 5.15; pero la sencillez para el colector de admisión es a costa de dos puntos calientes (dos escapes juntos a uno y otro lado de las válvulas de admisión centrales). Por ello, desde 1960 se usan también las disposiciones E-A-A-E-A-E-E-A-E-A-A-E (Falcon, Cornet, Ford), con un solo punto caliente y la E-A-E-A-E-A-A-E-A-E-A-E (Valiant, Dodge, Plymouth).

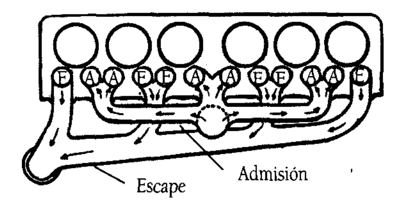


Figura 5.15.

En los motores de ocho cilindros en V, con un solo carburador, la disposición más sencilla (Fig.5.16) corresponde, como es natural, a la de dos bloques de cuatro cilindros, acoplados, formando la V.

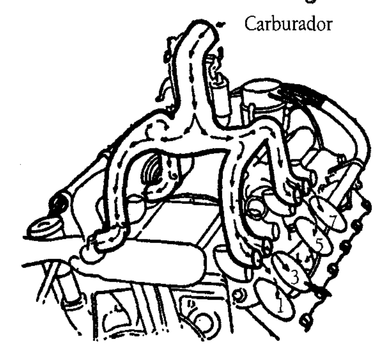


Figura 5.16.

Con ocho cilindros en línea (Fig.5.17), los más alejados del carburador único, situado a la mitad del bloque (detalle A), o sea, los 1, 2, 7 y 8 tienden a quedar peor alimentados que los próximos (3, 4, 5 y 6), pues el mayor recorrido de la mezcla aumenta la resistencia a su paso (respiración menos fácil) y las condensaciones de gasolina en las paredes serán mayores. Por ello se generalizó el empleo de dos carburadores (detalle B) con colectores independientes para cada grupo (1-2-7-8 y 3-4-5-6) que, por previa adecuación de suministro y tuberías, resultarán igualmente abastecidos de mezcla.

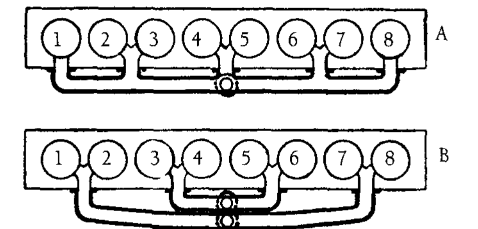


Figura 5.17.

Esta necesidad dio lugar a la fabricación del *doble carburador o "dual"*, (ver Capítulo VI).

En los motores de ocho cilindros en V no existe la diferencia de recorridos tan marcada como para los "en línea"; pero el servicio por un solo carburador se mejora notablemente (aumento de potencia y menos consumo por ahorro de condensaciones) con colectores independientes para cada cuatro cilindros, dos de cada bloque (Fig.5.18), que pueden ser alimentados por dos carburadores independientes o por su equivalente un "doble carburador o dual". Colocados en A, uno alimenta los cilindros 1-4-6-7- y el otro los 2-3-5-8-. Así, es como se dispone en la mayoría de los motores de ocho cilindros.

3.4.2. El colector de escape

Con la evacuación de los gases quemados, a través del colector de escape, hay que resolver dos problemas: 1°, dilatar los gases, bajando su presión de unos 3-4 bares a la presión atmosférica, para disminuir el ruido al que reglamentariamente está establecido; 2°, refrigerar los gases, que salen a una temperatura aproximada de 700° a 800°. Ambos aspectos ya han sido tratados con anterioridad.

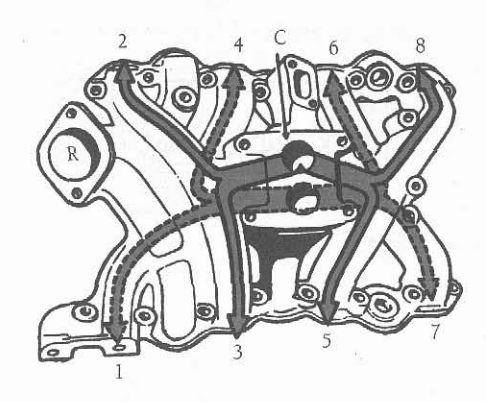


Figura 5.18.

Los colectores, que tienen como misión reagrupar los gases que salen de los diferentes cilindros, son generalmente de fundición, y pueden presentar diferentes formas, según se ve en la figura 5.19.

Conviene destacar que la longitud (suele estar en función de la del vehículo) y forma de los conductos, tienen una gran influencia sobre las cualidades que caracterizan las posibilidades (aceleración, velocidad máxima, autonomía, etc.) del automóvil.

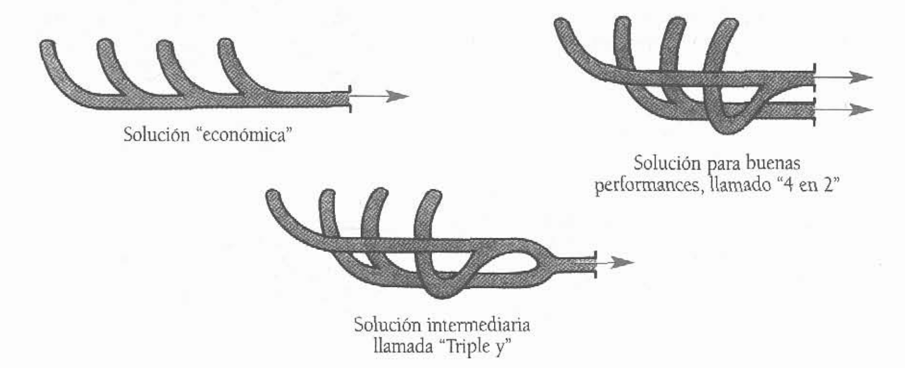


Figura 5.19.

Notas

1. **En francés**, *essence*, esencia; inglés, *petrol* y *gasoline*; (EE.UU), *gas*; alemán, *benzin*; italiano, *benzina*.

2. **Para reducir el contenido de azufre** de todos los gasóleos (automoción, agrícola y calefacción), la compañía Repsol ha puesto en marcha unidades de hidrodesulfuración (HDS), con las que se puede llegar a reducir el contenido de azufre en un 0,05 %.

La reducción del 1 % en el contenido de azufre de las gasolinas, dada la decisión de la UE para rebajar las emisiones contaminantes al igual que se ha hecho en Estados Unidos, puede costar a cada refinería una media de 13.000 millones de pesetas.

3. **El Biodiésel o PME**, es un carburante ecológico de reciente aparición, que se está probando en Alemania, con bajo nivel de emisiones, no tóxico, biológicamente desechable, y que está fabricado a base de *aceite vegetal de colza* y metanol, para que pueda ser usado en los motores Diésel.

Este tipo de combustible produce emisiones de hidrocarburos y partículas mucho menores que las del carburante normal, aunque las emisiones de monóxido de carbono son prácticamente iguales.

4. **Este número-índice** significa lo siguiente: a un motor tipo se le hace trabajar repetidas veces con una serie de combustibles preparados por mezcla, en diferentes proporciones, de dos hidrocarburos, llamados heptano e iso-octano. El heptano, es el más detonante de los conocidos, y el iso-octano es muy refractario a la detonación; al primero se le cifra un número de octano igual a cero, y al segundo el valor cien. Según las cantidades, de uno y otro, que contenga la mezcla preparada, así será su poder antidetonante. Por ejemplo, una mezcla de 82 partes de iso-octano y 18 de heptano, será más detonante que otra formada por 54 partes de iso-octano y 46 de heptano. Al funcionar el motor-tipo en el laboratorio con estas mezclas, se observan los efectos detonantes que cada una de ellas produce. De esta forma, cuando se quiere saber la cualidad antidetonante de una gasolina cualquiera, se hace funcionar con ella el motor-tipo, y se compara su resultado con los obtenidos al usar las citadas mezclas; si los efectos detonantes son los mismos, por ejemplo, que la mezcla tenga 68 partes de iso-octano y 32 de heptano, se dice que la gasolina ensayada tiene un índice o número de octano igual a 68, o con arreglo a la expresión vulgar, tiene 68 octanos. Esto no quiere decir que el 68 por 100 de la gasolina ensayada es el hidrocarburo iso-octano, sino que sus efectos detonantes son iguales a los de la mezcla de 68 partes de iso-octano y 32 de heptano.

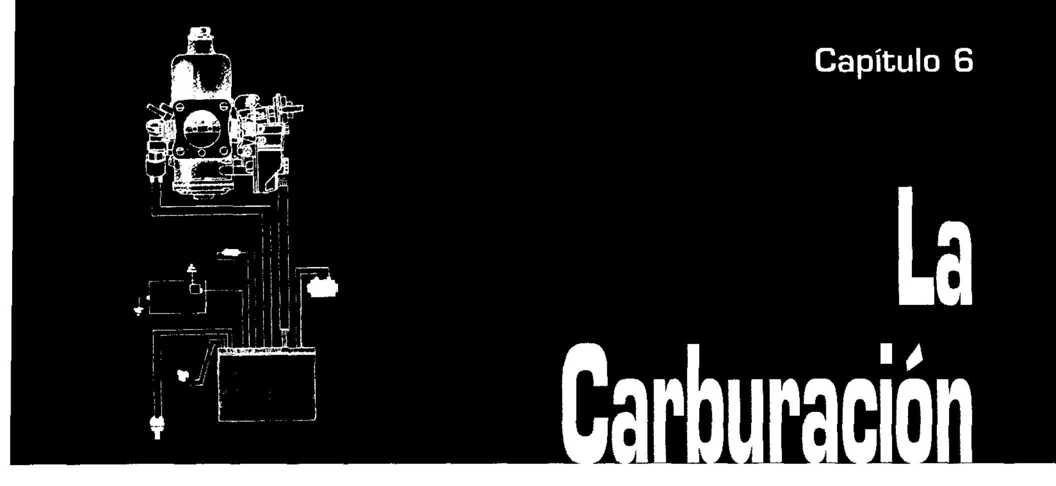
Como hay dos métodos de prueba, hay dos índices de octano: el M (motor) y el R (research). Hasta los años 40 se empleaba el M; pero con la mejora de las gasolinas y el progreso de los motores, el R resultó ser un indicador más certero del comportamiento del combustible en carretera, por lo que desde 1950 sus valores (mayores que los M), son más empleados.

5. **Los hidrocarburos** que forman la gasolina, se oxidan con el aire en que se vaporizan, y en esos peróxidos la propagación de la llama, se hace a una velocidad mil veces mayor. Tal oxidación es frenada por el tetraelito de plomo.

6. **Antiguamente**, los vehículos pequeños, y actualmente, algunas motocicletas, no usaban bomba, realizándose la alimentación por gravedad. Al tener aquéllos poco consumo y llevar un depósito reducido (25 a 35 litros), y como el motor, por sus dimensiones, resultaba bajo, llevaban colocado el depósito de gasolina entre el motor y el tablero, alimentando por gravedad el carburador. En algunos camiones también la gasolina descendía por su peso hasta el carburador desde el depósito, situado debajo del asiento del conductor. En estos casos hay una llave de paso que debe cerrarse al parar el motor, para evitar derrames.

7. **El vacío o succión de los cilindros** tiene una fuerza tan apreciable, que se emplea para mover los limpiaparabrisas, ayudar a los frenos, etc; pero, como la depresión es muy baja cuando se pisa a fondo el acelerador, el limpiaparabrisas deja de actuar en esos momentos. Para evitar este inconveniente, algunas bombas de alimentación modernas tienen, debajo o encima de la bomba de aspiración de gasolina, otra igual con su diafragma mandado por la misma palanca acodada, y con sus válvulas de aspiración y salida, que bombea aire en vez de gasolina. Al aspirar produce el vacío y, como lo hace con regularidad, el limpiaparabrisas funciona de forma continua (Fig.5.7).

8. **Hace años**, era de empleo general, en los automóviles con depósito trasero, el sistema de alimentación por nodriza, consistente en un pequeño depósito que aspiraba por un tubo la gasolina del depósito general, utilizando la fuerza del vacío de la tubería de aspiración del motor, con la que comunica por otro tubo. Desde la nodriza, baja la gasolina por gravedad al carburador, por un tercer tubo.



1. FUNDAMENTO DEL CARBURADOR

En la actualidad, todos los motores de gasolina de los automóviles modernos, utilizan los sistemas de Inyección de Gasolina descritos en otro capítulo de este libro. No obstante, este libro no puede dejar de estudiar la "Carburación" que se ha utilizado y existen vehículos con este procedimiento de alimentación de combustible

El fundamento del carburador, es que toda corriente de aire que pasa rozando un orificio, provoca sobre éste una succión. Tal ocurre en un pulverizador vulgar (Fig.6.1), en el que la corriente de aire, pasa rozando el orificio del tubo sumergido, provocando en él la succión que hace subir el líquido, y lo lanza, pulverizado, en el chorro de aire.

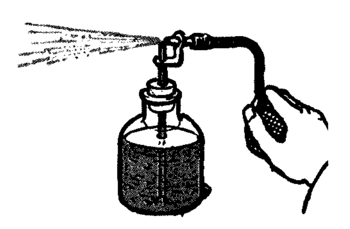


Figura 6.1.

En los carburadores, la corriente de aire es la producida por la aspiración que ejercen los cilindros en la tubería o colector de admisión, a la cual asoma un tubito llamado *surtidor*, por el cual llega la gasolina (Fig.6.2). Para que la succión o vacío, provocado por la aspiración de los cilindros, en su movimiento descendente, sea mayor en la boca del surtidor, se coloca el *difusor o venturi*, que al estrechar el paso del aire, aumenta la velocidad de éste sin variar su caudal, y hace que "sorba", más enérgicamente, el líquido del surtidor, pulverizándolo de forma más eficaz. En ocasiones, se emplea el *centrador* (un segundo venturi), que combina su acción con el anterior para aumentar la velocidad del aire

En consecuencia, la aspiración de la gasolina, queda asegurada por la velocidad del aire y la depresión que resulta en el seno de la masa del mismo.

Algunas veces se colocan dos o tres difusores en cascada, como en muchos modelos Zenith, Stromberg y Cárter (Fig.6.26), con el objeto de que cada uno refuerce la acción del anterior.

El tubo o tubos surtidores y el difusor vienen calibrados con precisión para cada tipo de motor, y sus dimensiones no deben ser alteradas por el conductor. Antiguamente los surtidores venían calibrados en la punta, por la que sale el chorro de gasolina (Fig.6.2), pero en la actualidad casi todos los calibres están sumergidos en el combustible de la cuba o en las canalizaciones, como en la figura 6.8; así, se dosifica lo mismo la cantidad de gasolina que puede salir por el surtidor, y en cambio, el estrechamiento calibrado puede colocarse en un sitio más accesible para limpiarlo fácilmente en caso de obstrucción.

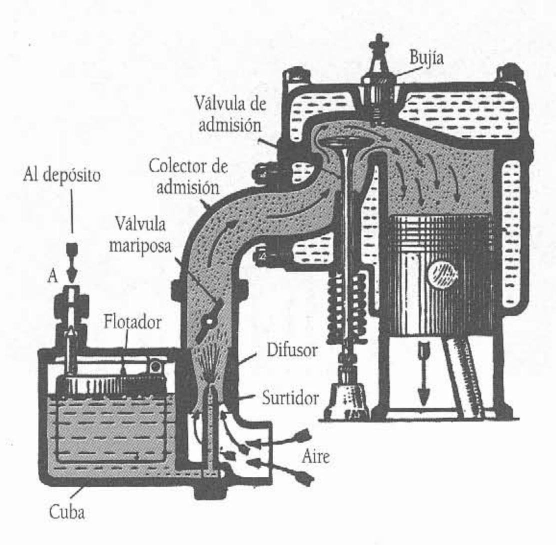


Figura 6.2.

1.1. El carburador elemental

Si la gasolina llegase directamente al surtidor, saldría por éste un chorro constante, cuya fuerza dependería de la altura del combustible en el depósito, y que se derramaría en pura pérdida, al parar el motor, obligando al uso de llaves de paso, etc. En la práctica y para que esto no ocurra, se alimenta un pequeño depósito intermediario o *cuba*, que forma parte integrante del carburador, y en el que se mantiene por medio de un *flotador*, un nivel constante, ligeramente por debajo de la boca del surtidor, para que no haya derrames en las paradas, y que es suficiente para que la fuerza del vacío pueda arrastrar el combustible en la forma explicada.

El carburador queda constituido como indica la figura 6.2.: la gasolina llega por A desde el *depósito* a la *cuba*; el *flotador*, con bisagra, sube, y cuando el nivel es el calculado, empuja la *válvula de aguja*, cerrando la entrada A; a medida que se consume combustible, el flotador desciende un poco y la aguja permite la entrada de más gasolina, pero sin que el nivel, en ningún caso, suba del fijado, permaneciendo sensiblemente constante. De la cuba pasa la gasolina al *surtidor* (éste incorpora un *chicler,* que es el calibre del caudal de gasolina), el cual tiene situada su boca (uno o dos milímetros más alta que el nivel de la cuba) en el estrechamiento del *difusor*. El aire que aspiran los cilindros, al pasar por la boca del surtidor, arrastra y pulveriza la gasolina, pasando la mezcla por la *tubería o colector de admisión* a las válvulas de admisión, y de ahí a los cilindros, en el momento en que cada uno se encuentra en el primer tiempo del ciclo (admisión).

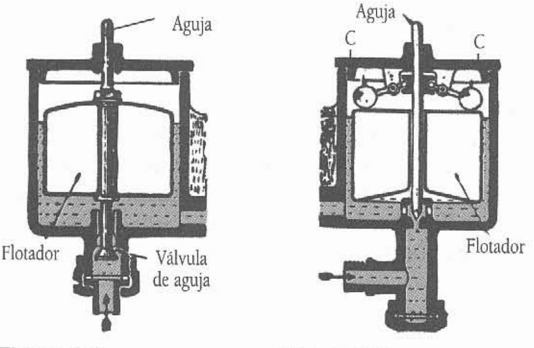


Figura 6.3. *Figura 6.4.*

Para mantener el nivel constante en la cuba, el flotador o boya manda la válvula de aguja, por diferentes procedimientos. Uno, el más corriente, es el que se acaba de describir; otro, cuando la gasolina llega por la parte inferior de la cuba, en el que la válvula de aguja puede tener la forma de la figura 6.3; y un tercero (Fig.6.4), cuando la válvula de la aguja esta mandada por unos contrapesos C, que se levantan con el flotador, basculando y bajando la aguja contra la entrada del combustible a la cuba.

Para graduar la cantidad de mezcla que se quiere introducir en el cilindro, según la potencia que se necesite obtener del motor, se intercala la *válvula de mariposa*, chapa plana

giratoria, como se indica en la figuras 6.2 y 6.5, que se abre más o menos, según la presión *que ejerza el conductor sobre el pedal del acelerador* (Fig.6.6); *también se puede mandar* por una manecilla de gases G colocada en el volante de la dirección, o por un cable que va a un dispositivo del salpicadero, del que se tira para abrirla. Estas dos últimas disposiciones auxiliares se usan, a veces, para el arranque en frío o aceleraciones pequeñas, con el vehículo parado.

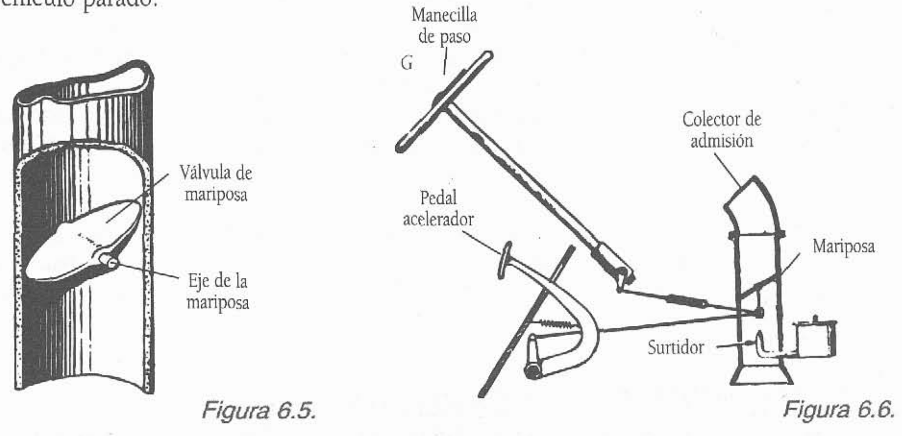


Figura 6.5.

Figura 6.6.

Resumiendo, un carburador elemental precisa: *una cuba* (a nivel constante), *una mariposa* (mandada por el acelerador), *un difusor o venturi* (a ser posible con un centrador), *y un surtidor* con chiclé.

1.2. División de los carburadores

En los esquemas anteriores se ha representado el *carburador vertical* (detalle 1) de la figura 6.7, con entrada de aire por debajo del surtidor en sentido ascendente, pero según la forma o disposición de la tubería de admisión, éste puede ser, además, *horizontal, vertical invertido (descendente), e inclinado.*

Los carburadores *horizontales* (detalle 2), reciben el aire de forma horizontal, o sea, entrando al surtidor por un lateral, e indistintamente por la derecha o la izquierda.

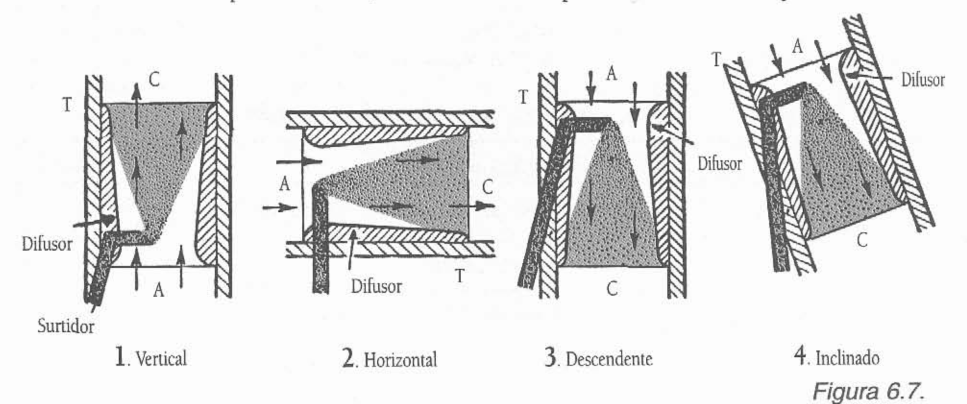


Figura 6.7.

En los carburadores *descendentes, invertidos* o de tiro hacia abajo (detalle 3), en los que aparentemente las condiciones técnicas y su funcionamiento es mejor, el tubo T es vertical, pero la corriente de aire va de arriba hacia abajo y, en vez de tener que elevar la niebla de gasolina (como en el vertical), ésta desciende ayudada por la acción de la gravedad; en este caso, la succión no necesita ser tan enérgica, y por tanto, el tubo T y el difusor pueden ser más anchos, permitiendo una mejor alimentación de los cilindros(1). Son los más usados actualmente, pues aunque tienen el inconveniente de que si hay fuga de gasolina ésta irá a los cilindros, presentan como ventajas la mayor facilidad de entrada de la gasolina, y que la depresión se mueve en el sentido de la gravedad.

En los carburadores *inclinados* (detalle 4), la mezcla, a partir del difusor, sigue inclinada y no vertical. Se usan, preferentemente, en motocicletas deportivas, en las que se pretende una entrada de aire directa, evitando los codos que puedan oponer resistencia al paso de la mezcla.

La elección del carburador, depende más de las necesidades del vehículo y del aprovechamiento del espacio útil del mismo, que de una razón técnica, que no la hay. Así, para los turismos, los tipos de carburadores más empleados son los verticales y los invertidos; especialmente estos últimos, por su gran accesibilidad.

2. ELEMENTOS DE UN CARBURADOR

Constituido el carburador, como queda dicho, se presentan algunos inconvenientes, pues:

- No se realiza el llenado de la mezcla de forma constante.
- No hay dispositivos complementarios, que según el modo de utilización, permitan un correcto funcionamiento del mismo.
- No existe ralentí, ni sistema de arranque en frío.
- No se dispone de enriquecedores, para cuando se precise una potencia adicional.

La mayoría de *los carburadores actuales*, además de la cuba de nivel constante, *se componen de:*

Surtidor principal	con su calibre	todos
Surtidor de ralentí	con su calibre	todos
Compensador, con	- surtidor auxiliar de gasolina (Zenith, que en los últimos modelos se une al principal en una sola boquilla). - soplador de aire (Solex, Weber, Stromberg, Holley, Irz).	
Bomba aceleración	en los automóviles modernos	todos
Economizador, por	- Freno sobre la gasolina (Solex, Stromberg, Cárter). - Aumento de aire (Zenith).	

Resultando todos análogos en su funcionamiento, ***sus diferencias*** radican, sobre todo, en la disposición interior de los elementos.
El único carburador de uso extendido para automóviles, realmente distinto a los demás, es el S.U.

2.1. El compensador

Como el aire y la gasolina tienen muy diferente densidad, la inercia que ofrecen al movimiento es distinta, y si el surtidor está calibrado para dar una buena mezcla a 1.000 r.p.m. del motor, con determinado grado de vacío en la tubería de admisión, a velocidades superiores o para una aspiración más fuerte, la mezcla tiende a enriquecerse demasiado, y para velocidades o aspiración menores, la mezcla se empobrece rápidamente. Por ejemplo, al subir el vehículo por una pendiente, con el motor girando despacio y el acelerador pisado a fondo para obtener la máxima potencia posible, entre que el motor gira lentamente y que la mariposa está abierta (Fig.6.6), el vacío sobre el surtidor es reducido y sorbe la gasolina con poca fuerza; además, como la velocidad de giro del motor es pequeña, la mezcla tiende a empobrecerse, cuando más se necesita una mezcla rica.

Estos defectos se corrigen automáticamente en los carburadores modernos, con el juego combinado de varios surtidores, bomba de aceleración y economizadores, justificando el que se llamen "*automáticos*". Además, llevan todos un dispositivo que permite al motor girar en vacío o ralentí, cuando la mariposa está cerrada, sin pisarse el acelerador.

Para corregir la tendencia al enriquecimiento de la mezcla cuando aumenta la velocidad del motor, se emplea el *método de compensación*. En vez de mandar la gasolina directamente al surtidor (Fig.6.2), se intercala un pozo (Fig.6.8), anteponiendo un calibre más pequeño y sumergido. De esta manera, la succión de los cilindros va gastando no sólo la gasolina que pasa por dicho calibre, sino también la almacenada en el *pozo*, y cuando aumenta la velocidad, y la aspiración del motor tendía a enriquecer la mezcla, se gasta el combustible del pozo y solamente pasa la que permite el calibre, que es menor, y además empobrecida por el aire que entra por la parte alta del pozo (Fig.6.9).

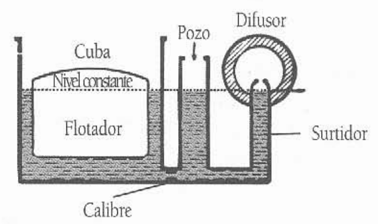


Figura 6.8.

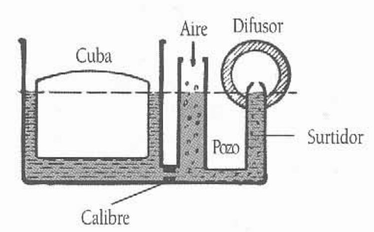
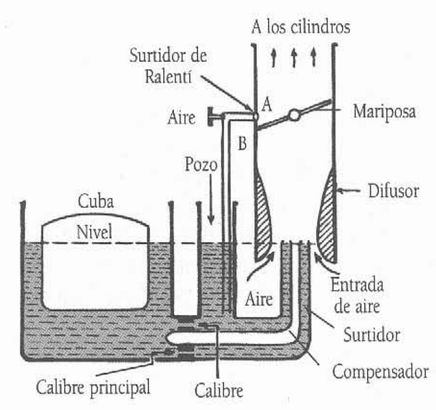


Figura 6.9.

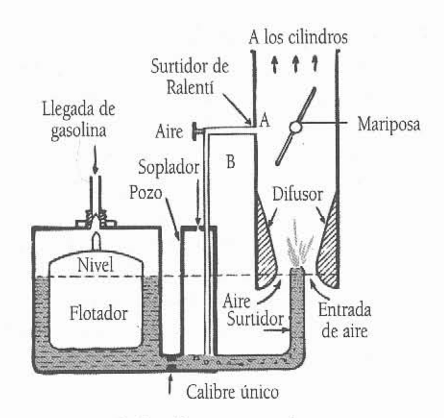
Si este calibre está bien calculado, el efecto puede ser contrario al de la figura 6.2, por lo que, combinando ambos sistemas (el empobrecimiento del primero, con el enriquecimiento del segundo), se conseguirá una compensación de efectos, que proporcionará una mezcla con una riqueza constante a cualquier velocidad del motor. Así es como se organizan casi todos los carburadores, obteniéndose el representado en la figura 6.10 (sistema Zenith), donde la tendencia a enriquecer del surtidor principal se equilibra con la empobrecedora del compensador.

En vez de dos calibres para gasolina y dos surtidores (Fig.6.10), puede usarse sólo uno, si el calibre compensador de la gasolina se sustituye por otro en la parte alta del pozo para graduar el aire que puede entrar por él. Es como si en la figura 6.9 se tapase el pozo para que, en vez de entrar libremente el aire, que al emulsionarse con la gasolina contenida en él empobrece demasiado la mezcla aspirada, sólo pudiera pasar en la cantidad justa para mantener constante la riqueza (Fig.6.11), con un paso calibrado en el pozo llamado *soplador*, que suele estar organizado de manera que pueda aumentar el número de sus orificios, a medida que baja el nivel de gasolina en el pozo. Este es, precisamente, el principio de funcionamiento de los carburadores Solex, Stromberg, Holley e Irz.



Combinación Zenith de surtidor y compensador con pozo abierto

Figura 6.10.



Sistema compensador de soplador con pozo cerrado

Figura 6.11.

2.2. Ralentí

En las figuras 6.10 y 6.11 se representa también el artificio usado para mantener el motor en marcha al ralentí, con el pedal del acelerador suelto, o sea con la válvula de mariposa, prácticamente, cerrada.

La aspiración de los cilindros se ejerce ahora, sobre el orificio A, por el que sale una emulsión de gasolina sorbida del pozo por el conducto B, y que se mezcla con más aire que pasa por los bordes de la mariposa. En el conducto B hay un calibre llamado *ralentí*, y una primera entrada de aire regulable con un tornillo.

El problema que existía en los carburadores antiguos, con aquélla especie de "punto muerto" al pasar de ralentí a la marcha mandada por la mariposa que acciona el acelerador (llegando incluso a calarse el motor), ha sido ya solventado. Ahora, con los carburadores modernos, ese instante se vence por medio de salidas suplementarias de ralentí, que en cuanto se mueve la mariposa, dejan de ser entradas de aire para convertirse en salidas de gasolina emulsionada (mezclada con poco aire).

2.3. Economizadores

En la marcha moderada, a medios gases, en llano, convendrá economizar gasolina, empleando una mezcla algo más pobre que la normal, pues aunque las mezclas pobres explotan más lentamente y se corre el riesgo de que se quemen las válvulas de escape, al salir por ellas las llamas de los gases ardiendo todavía, este peligro no existe cuando el llenado de los cilindros es incompleto, como ocurre cuando se pisa poco el acelerador, y la mariposa de gases dificulta el paso de éstos; pues, con pocos gases, resulta la compresión más reducida y la explosión más débil.

Los carburadores más recientes están dotados de dispositivos *economizadores*, que ahorran combustible cuando se circula con poca potencia.

El empobrecimiento de la mezcla puede conseguirse, o aumentando la proporción de aire o disminuyendo la de gasolina.

- *El primer sistema*, seguido por Zenith (Fig.6.12), consiste en tapar el pozo con una válvula de membrana que se cierra por la fuerza de un resorte, contenido en una cámara que comunica por el tubo de vacío con el colector de admisión. Normalmente, entra al pozo el aire

necesario por el orificio destapado A; pero cuando la mariposa va casi cerrada (señal de que no hace falta potencia, y justo cuando puede economizarse gasolina), entonces, la fuerza que llega por el tubo de vacío, es lo bastante grande para levantar la válvula de membrana, venciendo al muelle, con lo que entra al pozo un suplemento de aire que empobrece aún más la mezcla que sale por el compensador.

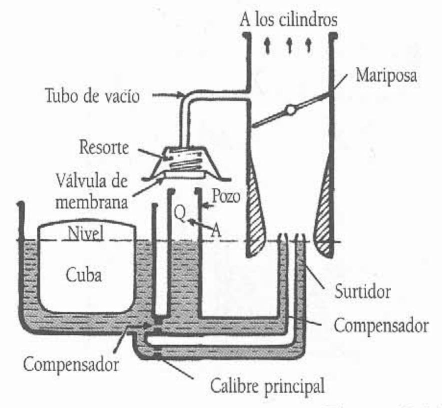


Figura 6.12.

- *El economizador que actúa sobre la gasolina* (Fig.6.13) es el adoptado por Solex, Stromberg, Holley y Cárter BB, por ejemplo. El paso de gasolina al surtidor se hace, normalmente, por dos conductos a la vez, cada uno con su calibre A y B. El conducto de este último tiene una válvula C mandada por una membrana con su resorte, que tiende a mantenerla abierta; cuando la mariposa está casi cerrada y el vacío que llega por el tubo de vacío es grande, tira de la membrana venciendo al resorte, cerrándose la válvula C, con lo que disminuye el suministro de gasolina y se empobrece la mezcla.

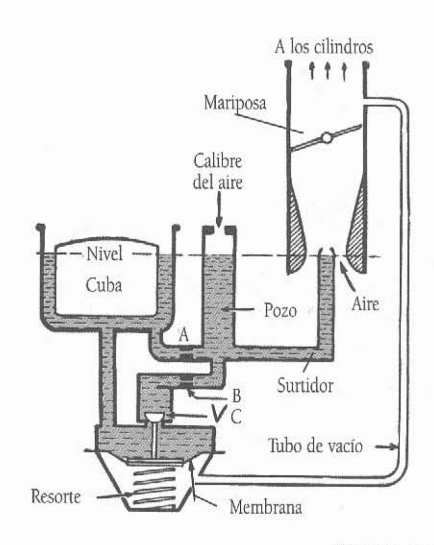


Figura 6.13.

En los carburadores Cárter se actúa sobre el flujo de gasolina mediante una aguja que obstruye más o menos el calibre de paso al surtidor.

Con el uso de la bomba de aceleración y el economizador, los buenos carburadores ajustan, automáticamente, la composición de la mezcla a la potencia necesaria en cada circunstancia, oscilando la riqueza entre las proporciones 13 partes (en peso) de aire por una de gasolina (mezcla muy rica) y 17 de aire por una de gasolina (mezcla muy pobre).

Con la disposición explicada de surtidores, pozo y compensador, está prácticamente organizado el carburador, para dar una mezcla de riqueza uniforme, cualquiera que sea el régimen de funcionamiento del motor, pero para realizar aceleraciones rápidas y brillantes, al pisar de golpe el acelerador, conviene poder enriquecer la mezcla para obtener un aumento instantáneo de la fuerza de las explosiones; esto se consigue con la bomba de aceleración.

2.4. La bomba de aceleración

El tipo más corriente es de pistón (Fig.6.14) y su funcionamiento es el siguiente: en la misma cuba se separa un cuerpo de bomba B, cuyo émbolo o pistón está ligado a las varillas que mandan la mariposa de gases; cuando ésta se abre porque se pisa el acelerador, baja a la vez el pistón, empujando la gasolina de B a través de la válvula N que se abre mientras

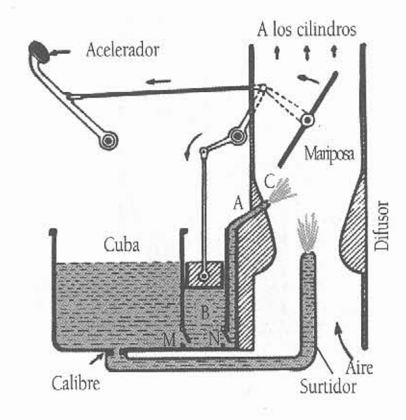


Figura 6.14.

que la misma presión de gasolina cierra la M, sube por el tubo A y sale en forma de chorro por el pitorro C a unirse y enriquecer la mezcla que aparece por el surtidor. Cuando se suelta el acelerador, gira la mariposa a derechas, cerrándose, y subiendo el pistón, con lo que N se cierra y el pistón aspira gasolina de la cuba por M, quedando cargado el cuerpo de bomba, para otra vez que se acelere.

La bomba puede accionarse con el vacío de la aspiración, como se detallará al describir los carburadores Stromberg y Solex.

3. EL ARRANQUE EN FRÍO

Cuando se va a poner en marcha un motor frío, sobre todo con bajas temperaturas, la tubería de admisión condensa sobre sus frías paredes interiores, la gasolina pulverizada en el carburador(2); la mezcla se empobrece y el arranque resulta difícil. Para facilitarlo se envían mezclas, cuya gran riqueza en gasolina compensan las pérdidas citadas, y con tal objeto se usan el *estrangulador, starter, corrector*, etc.(3).

Con el estrangulador se obstruye la llegada de aire por una mariposa, y con el "starter" se aporta más gasolina por un conducto independiente.

Parte de los automóviles actuales siguen usando el sistema de estrangulador manual, aunque hace algunos años tuvieron una considerable difusión los sistemas de starter y correctores automáticos, en beneficio de una mayor simplicidad mecánica y de una mayor posibilidad de actuación del conductor del vehículo. Todos estos sistemas manuales llevan consigo la interacción con la mariposa de gases (acelerador).

3.1. El estrangulador

El estrangulador más sencillo consiste en una pequeña placa, simple válvula de mariposa (Fig.6.34), que si se cierra impidiendo la entrada de aire, hace que las succiones de los cilindros, al girar el motor para arrancarlo o durante las primeras explosiones, sean tan enérgicas sobre los surtidores (no solo el de ralentí, sino el resto también), que afluye por ellos la gran cantidad de gasolina necesaria para enriquecer la mezcla.

El eje de oscilación de la palanquita es excéntrico como se ve en las figuras 6.27 y 6.28 para que, una vez arrancado el motor, y cuando la velocidad de giro hace fuerte la aspiración, ésta abra por sí misma el estrangulador venciendo la acción de su ligero resorte, con lo que entra aire a impedir que se "ahogue" el motor por exceso de gasolina. Otras veces la palanquita (Fig.6.30) lleva, además, una pequeña válvula que se abre con la aspiración al arrancar el motor, aún antes que el estrangulador, dando paso a una pequeña cantidad de aire que comienza a "sorber" del surtidor principal.

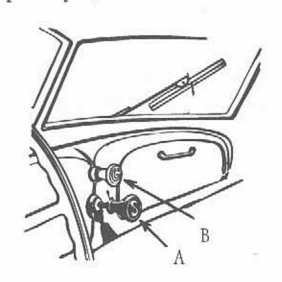


Figura 6.15.

El mando se hace manualmente (Fig.6.15), mediante un cable que va hasta el tablero de instrumentos y de cuyo interruptor A, se tira para cerrar la entrada de aire. También puede ser automático o semiautomático.

En la figura 6.28 se ve como el mando E, que llega desde el tablero, acciona la palanca F que, a su vez, por medio de una horquilla, gira el eje del estrangulador. En algunos vehículos, hay otro dispositivo B (Fig.6.15) que sirve para, tirando de él, abrir la mariposa de gases (como un acelerador de mano); de manera, que al arrancar el motor, a la vez que se cierra el estrangulador, también se tira un poco de B, resultando conveniente en muchos casos, ya que además, da un ralentí ligeramente acelerado que, sin peligro, calienta más deprisa el motor.

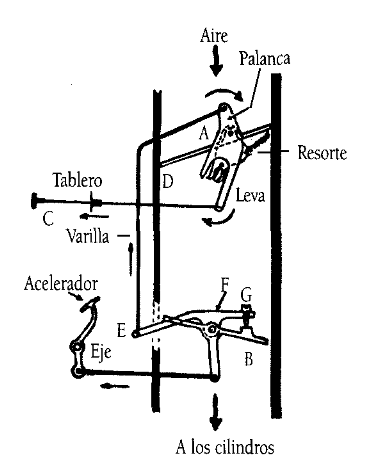


Figura 6.16.

Para evitar el mando independiente de B y su imprecisión o abusos, suelen enlazarse el estrangulador y la mariposa (especialmente Zenith y Stromberg), de modo que al cerrarse el primero se abre ligeramente la segunda (Fig.6.16). El estrangulador es de mando manual, pero el enlace entre las dos mariposas A y B (estrangulador y gases), así como el mando elástico del primero, por leva y resorte, permiten un cierto automatismo en la graduación del aire que necesita el motor hasta calentarse, en cuyo momento se abre a mano el estrangulador.

El estrangulador A, de eje excéntrico, se manda desde el tablero tirando con el botón C de la palanca , la cual al girar, arrastra consigo la leva y ésta a su vez, tira del muelle en espiral, que cierra el estrangulador. Cuando el motor ha arrancado, la aspiración de los cilindros hace que baje la parte izquierda D más grande del estrangulador, permitiendo la entrada de aire conveniente para que no se ahogue el motor.

Hay un enlace entre la mariposa de gases y el estrangulador, que proporciona un ralentí acelerado. Al tirar de C y bascular la palanca, la varilla (dibujada también en la figura 6.36-1) tira del extremo E de la palanca F que empuja por G la mariposa de gases B, quedándose entreabierta, y produciéndose un ralentí acelerado para calentar el motor. Cuando éste ha girado un rato y ya ha comenzado a calentarse, se empuja C poco a poco a fondo, con lo que se abre todo el estrangulador, bajando la varilla, que por G suelta a B, y quedando el dispositivo en ralentí normal. El tornillo que va en G, permite el reglaje del enlace entre A y B.

3.2. El starter o corrector

Los carburadores Solex vienen dotados del *starter* o pequeño carburador especial para el arranque en frío. (El "corrector" de Zenith es análogo).

Por encima de la mariposa (Fig.6.38) hay un amplio conducto, por el cual se ejerce casi toda la aspiración del motor en el momento de la puesta en marcha (hay que tener cuidado de no pisar el acelerador para que la mariposa esté en su debida posición). Esta succión aspira, a través del orificio A del disco, la gasolina que sube por el tubo B, en comunicación por C y por el paso calibrado con la cuba. El aire entra por la campana formada en lo alto del tubo B, baja rodeando a éste, barbotea en la gasolina, pasa por los orificios del final de dicho tubo a su interior, y sube una emulsión muy rica a la cámara, donde se le agrega el aire que entra por el orificio calibrado, pasando por A, a la tubería de admisión y cilindros. Una vez el motor en marcha, se suelta desde el salpicadero el mando de la palanca D, para que el disco recobre su posición normal, obligado por su resorte, con lo que se oculta el orificio A, y el starter queda taponado. La mezcla, extraordinariamente rica, que daba

para el arranque se sustituye por la menos rica de ralentí. El mando se hace por un botón A en el tablero (Fig.6.15), igual que en los estranguladores corrientes.

Análogos en su funcionamiento son:

- El starter en el Solex de la figura 6.41, compuesto por dos discos A y B, dando dos posiciones, una de mezcla muy rica para el arranque en frío, y la otra que rebaja ligeramente la anterior para que el motor no se ahogue por exceso de combustible.
- El corrector en el Zenith de la figura 6.36, donde se aprecia el resorte que ayuda a volver al estrangulador a su posición normal (abierta), y la varilla que enlaza el estrangulador a la mariposa de gases (ésta se entreabre cuando aquél se cierra, para obtener un ralentí acelerado).

Cuando se emplea el estrangulador, la fuerte succión de los cilindros sobre los conductos de ralentí, arrastra tanta gasolina que se corre el riesgo de lavar el aceite de los cilindros y pasar a diluir el del cárter. Con starter o corrector, la mezcla es lo bastante rica para obtener un arranque fácil, aún en tiempo muy frío, pero no peligra de serlo tanto, de modo que esta mezcla "ahogue" el motor, resulte excesiva y dañe la lubricación.

A medida que el motor se calienta, el conductor debe abrir el estrangulador ("choke" en inglés) o starter, soltando poco a poco el interruptor A de la figura 6.15, para evitar un gasto inútil y peligroso de la mezcla rica del arranque. La estimación del momento oportuno para graduar la operación, no es exacta. Por ello, es preferible el uso de *estranguladores automáticos*.

3.3. Estranguladores y starters automáticos

3.3.1. Estranguladores automáticos

Estos consisten en un termostato que, con el motor frío, está contraído y mantiene cerrado el estrangulador. A medida que el motor se calienta, el termostato se dilata y permite que se abra el estrangulador; pero la precisión de su movimiento está regulada casi siempre (Fig.6.17) por medio de una pequeña bomba accionada por el vacío de la aspiración. Dentro

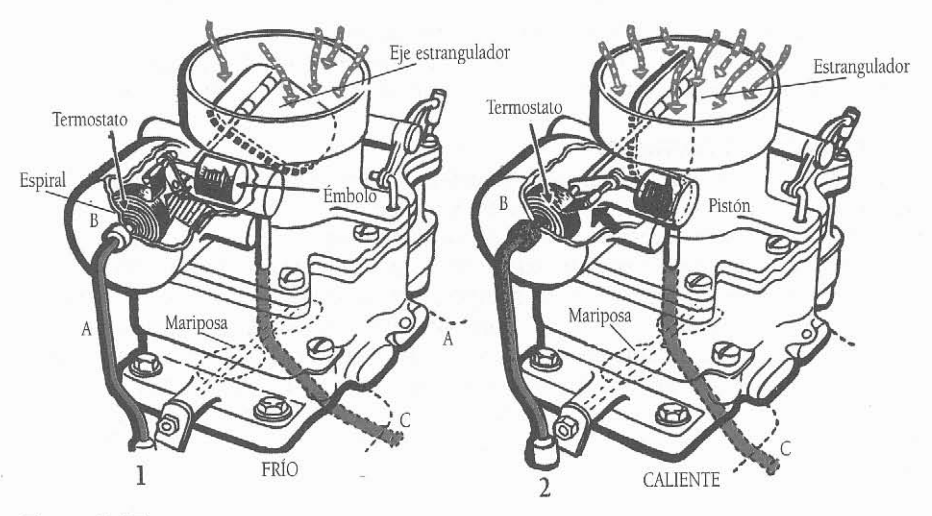


Figura 6.17.

de ella se puede deslizar el émbolo enlazado a un codo del eje del estrangulador. Al mismo codo se une un extremo del termostato bimetálico en espiral, contenido en una caja redonda que recibe el calor de los gases de escape por el tubo A (entre la tapa de la caja B, y la espiral, hay una pequeña pantalla, no dibujada, que evita la acción brusca del aire caliente, si incidiera directamente sobre la espiral).

Con el motor frío (detalle 1) el termostato está contraído y retiene con fuerza al pistón, a la vez que mantiene cerrado el estrangulador. En cuanto se arranca el motor, la succión de los cilindros tiende a abrir el estrangulador, dada la excentricidad de su eje, pero no le deja la espiral. Sin embargo, como el enrollamiento de la espiral es como un muelle, vibrará un poco y pasará el aire justo para que el motor respire. El vacío de la aspiración sube por C y tira del pistón, pero el termostato se le resiste y equilibra hasta que, al calentarse el motor y llegar por A el aire progresivamente más caliente, la espiral va dilatándose y poco a poco se afloja y estira (detalle 2), abriendo el estrangulador con la ayuda del pistón, que es aspirado al fondo de su pequeño cilindro de vacío.

Si se estropea el termostato, la mucha o poca depresión que llegue por C, es suficiente para mantener el estrangulador abierto, de modo que es muy improbable, que por avería, se quede cerrado; al contrario.

El otro extremo de la espiral, el inferior, no está sujeto al eje del estrangulador, sino a un tubito que lo recubre, y que está unido a la tapa B de la caja cilíndrica; así, girando a mano dicha tapa, a derecha o izquierda, se aumenta la tensión inicial del termostato en invierno o se afloja en verano.

Desde otro codo del eje del estrangulador, análogo al de la biela del pistón, sale otra biela que al bajar o subir, intercala o retira una chapita ante el apoyo del tornillo B (Fig.6.27) que regula el cierre de la mariposa de gases, de modo que a motor frío quede un poco entreabierta para dar un ralentí ligeramente acelerado, que ya se dijo que era conveniente para calentar pronto el motor. Otras veces, en vez de intercalarse una chapita, se mueve una leva que separa un poco el apoyo del tornillo B, para conseguir lo mismo, que quede la mariposa levemente entreabierta.

En el sistema Stromber, también empleado por Zenith, el detalle de organización (Fig.6.18), es como sigue: el termostato bimetálico se calienta o enfría con el motor y mueve la palanca A, que por las varillas B y D accionan la F, que manda el estrangulador. La articulación C mueve la palanca acodada E, unida a la leva por un resorte, por fuera del tubo del carburador descendente, sobre un eje que también lleva otras dos piezas (una leva con un perfil escalonado, y la palanca doble F, que por el otro extremo largo está articulada al pistón de una pequeña bomba, cuya parte inferior comunica con el vacío de la tubería de admisión).

Cuando se va a arrancar el motor hay que pisar primero el acelerador, con objeto de que el tornillo que lleva el brazo exterior de la mariposa, se coloque sobre el escalón más saliente de la leva, y así, al soltar el acelerador, queda la mariposa ligeramente abierta para dar el "ralentí acelerado".

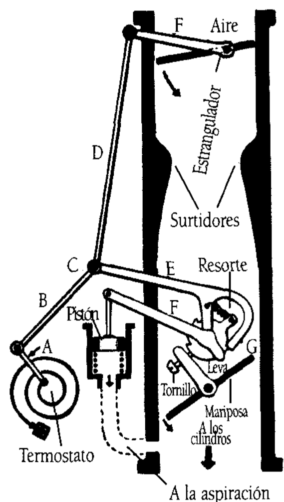


Figura 6.18.

El aparato queda dispuesto como se ve en la figura; en cuanto se arranca el motor, el vacío de la tubería de admisión baja el pistón al fondo de la bomba, tira de la palanca F,

que gira empujando con su brazo corto el codo G de la palanca E, la cual, a su vez, tira por D y abre ligeramente el estrangulador, con lo que se rebaja la mezcla, excesivamente rica, del momento de arrancar. El motor gira suavemente acelerado, y a medida que se calienta, el termostato se dilata, y con el brazo A tira de B y baja C.

Esto tiene dos consecuencias: una es que D también baja y el estrangulador se abre cada vez más; la otra es que la palanca E bascula tirando a través del resorte de la leva, que gira presentando sus escalones cada vez más bajos al tornillo, y por tanto, se va cerrando hacia su posición de ralentí lento de motor caliente normal. En cuanto se acelera el motor, la succión abre el estrangulador excéntrico como ya se dijo, y el termostato, cuando se calienta, permite que aquél se abra del todo.

Al parar y enfriarse el motor, como la mariposa se queda cerrada con el tornillo sobre el escalón más bajo de la leva, aunque el termostato tiende a encogerse, no puede hacerlo porque el codo G tropieza con la leva, inmovilizada por el tornillo. Cuando se va arrancar con el motor frío, al pisar previamente el acelerador y abrir la mariposa, se levanta el tornillo, dejando libres los escalones, y entonces la palanca del termostato mueve el conjunto, se cierra el estrangulador y bascula la palanca E, que con su codo G empuja a la vez el codo de la palanca F para levantar el pistón y el resalto de la leva, que presenta el tornillo nuevamente su escalón más alto para el ralentí acelerado.

3.3.2. Starters automáticos

El disco de la figura 6.38 o los A y B (Fig.6.41) de los "starters" Solex se mandan desde el tablero, como ya se dijo, por un cable y botón A (Fig.6.15). El funcionamiento puede ser automático, y entonces el "starter" se llama *termostarter*, o *autostarter* como en el último modelo (Fig.6.19), que representa un carburador Solex completo, en el que la gasolina pasa a la cuba, desde ésta y por A, al calibre principal B y al de ralentí C; el aire para éste se toma por D del ani-

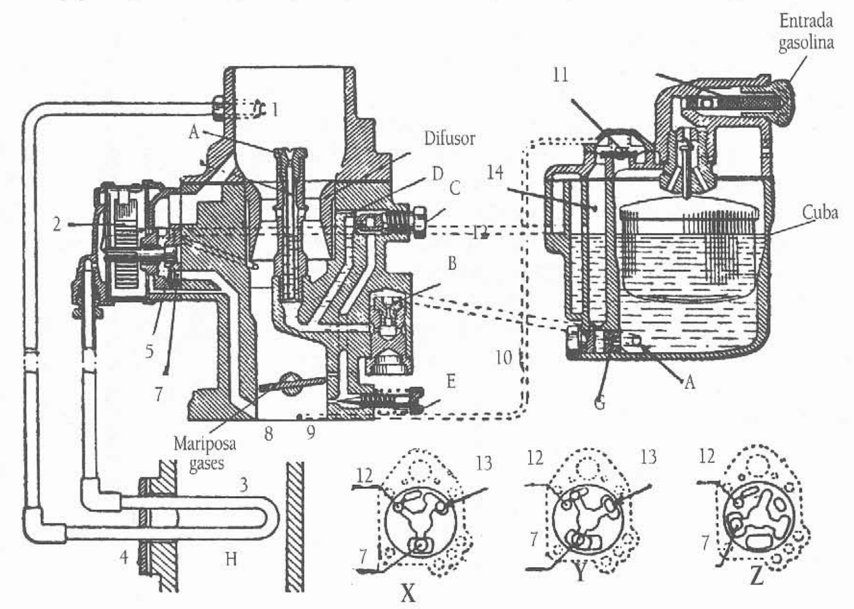


Figura 6.19.

llo que hay bajo el difusor. El reglaje de riqueza de ralentí se hace con el tornillo E; F, es el soplador con su tubo interior 6. A partir de aquí el *autostarter* o carburador de arranque, recibe la succión de los cilindros por 8 y 7; la gasolina le llega de la cuba por el calibre de arranque G, pozo 14 en la misma cuba y conducto 12 que, como 7, va a dar frente al disco giratorio 5, el cual tiene otra ventanilla 13 (véanse los detalles X, Y y Z), por el que entra parte del aire para el arranque tomado debajo del difusor por el conducto inclinado, visible en el dibujo.

El resto del aire para el arranque, se toma por 1 y por el tubo 4, que tiene un recodo 3 dentro del colector o tubería de escape H, y pasa por la caja en cuyo interior está el termostato bimetálico en espiral 2, formado por dos cintas pegadas de metales de distinta dilatación, de modo que al calentarse la que más se dilata tira de la otra y el conjunto se encorva. Al enfriarse, ocurre lo contrario. Un extremo del termostato se sujeta a la caja, y el otro al eje de giro del disco 5: cuando está frío, se halla encorvado y el disco tiene sus ventanillas frente a las 7,12 y 13 del cuerpo, como señala el detalle X; la succión de los cilindros aspira por 8 y 7 la mezcla muy rica que da el aire de 1, 4 y 3, y el de 13 al carburarse con la gasolina de 12.

En cuanto arranca el motor y pasan gases calientes por H, el aire se calienta dentro de 3, de modo que al pasar por 2 dilata el termostato; el extremo de éste sujeto al eje lo hace girar, y el disco 5 va virando lentamente (posición Y), con lo que cierra poco a poco la entrada de gasolina por 12 y aumenta el aire por 13; la mezcla pierde riqueza pues, a medida que funciona el motor, se calienta el aire en 3.

Cuando ya el calor indica que no hay peligro de que se cale el motor, el disco 5 ha girado a la posición Z, que deja fuera de servicio las llegadas de gasolina 12, aire 3 y 13, y la succión por 7-8; el motor sigue girando alimentado solamente por el servicio de ralentí (D-C-E) ya conocido.

Algunos autostarters tienen un dispositivo que hace más paulatina la transición al ralentí: de 9 sale un tubito 10 que lleva la aspiración encima de la membrana 11. Cuando se inicia el arranque hay poca depresión en 9, y la membrana 11 incomunica el aire del pozo 14 con el de la cuba y la gasolina sale abundantemente. A medida que el motor gira, el vacío en 9 aumenta y levanta 11; entonces la presión atmosférica de la cuba hace descender ligeramente el nivel en 14 y se frena el paso de gasolina por 12, evitándose así que el motor pueda ahogarse por exceso de combustible, a la vez que se hace gradual la transición al ralentí normal.

Muchos autostarters Solex tienen la toma de aire 1, no en el conducto de aspiración, sino al exterior, cortando la tubería en 4, y entonces no existe el trozo de tubo 1-4.

4. CARBURADORES EQUILIBRADOS

En muchos casos, la cuba comunica por un pequeño conducto con el aire libre para tener en su interior la presión atmosférica, que es, realmente, quien empuja a la gasolina a salir por el surtidor, cuando la aspiración de los cilindros provoca a su alrededor el vacío o depresión.

Dicha diferencia de presiones (valor de la succión en la boca de los surtidores) es variable, según el grado de aspiración de los cilindros, y conviene que se adapte en todo momento a la necesidad de combustible para la mezcla, que sigue a quemarse en el motor. Se ha comprobado en la práctica, que da buen resultado, en vez de comunicar la cuba y el pozo con el aire libre, hacerlo con la entrada a la tubería de admisión (conducto F de la figura 6.29); los carburadores así dispuestos se llaman *equilibrados*.

En los momentos que el motor gira y aspira deprisa a plenos gases, el vacío también resulta apreciable en la cuba; la citada succión sobre la gasolina de los surtidores disminuye un

poco y, por tanto, se frena la tendencia a enriquecerse demasiado la mezcla, cuando el motor funciona a gran velocidad. En cambio, a reducidas velocidades del motor, como la depresión es pequeña (en el conducto F reinaría casi la presión atmosférica), no se dificulta la salida de gasolina por los surtidores, contrarrestándose el empobrecimiento de la mezcla.

Por otra parte, cuando el motor ha funcionado durante un cierto tiempo, el calor del bloque podría caldear la cuba lo bastante como para hacer llegar a hervir la gasolina, si ésta se gasta muy despacio, como ocurre cuando se deja de pisar el acelerador; en tal caso, si la cuba estuviese herméticamente cerrada, la presión de los vapores que se forman en su parte alta tendería a hacer salir el combustible por los surtidores en pura pérdida, con el inconveniente de que en el caso de pararse el motor, la gasolina derramada en el colector de admisión dificultaría el arranque inmediato por exceso de combustible. Tales inconvenientes, quedan salvados con el artificio del conducto F, que comunica la cuba con la entrada de aire al carburador; por él se escapan los vapores y se equilibra la presión de modo favorable al automatismo del carburador.

En otros casos, en vez del conducto F, se establece una comunicación directa de la cuba con la atmósfera, pero con un dispositivo que mantiene tapado el agujero mientras está oprimido el acelerador, pues al soltarse éste se destapa el orificio y llega la presión atmosférica a la cuba, a la vez que se descargan al exterior los vapores del combustible caliente.

Los dos sistemas descritos se llaman *antipercoladores*, y su efecto se ve aún mejorado con la actuación de la bomba de aceleración (Fig.6.14), pues al levantar el pie del acelerador y subir el pistón, la succión que éste ejerce en la cuba llega hasta el surtidor a través del calibre C, con lo que se frena y detiene la salida de combustible por dicho surtidor, evitando un despilfarro perjudicial.

5. CARBURADORES DE CONTROL ELECTRÓNICO

Independientemente de lo que se ha descrito hasta aquí, así como lo que resta del capítulo, en cuanto a la organización y funcionamiento en que se basa cualquier tipo de carburador, últimamente, con la incorporación de la electrónica al automóvil, ha aparecido una nueva generación de carburadores en los que la mariposa de gases va controlada por un microprocesador.

En la actualidad existen varios modelos de automóvil con este tipo de carburador; entre ellos están: el Austin Montego, Rover 216 y BMW 316.

En estos carburadores se aprovecha la precisión de control de la mariposa, que aporta el control electrónico, para reducir el consumo al ralentí, en marcha lenta (circulación urbana), y en las retenciones del motor.

La figura 6.20, representa el sistema que incorpora el Austin Montego. En éste, la ECU (Unidad de Control Electrónico) recibe información de:

Temperatura ambiente a través de un sensor.

Temperatura del líquido refrigerante a través del termistor.

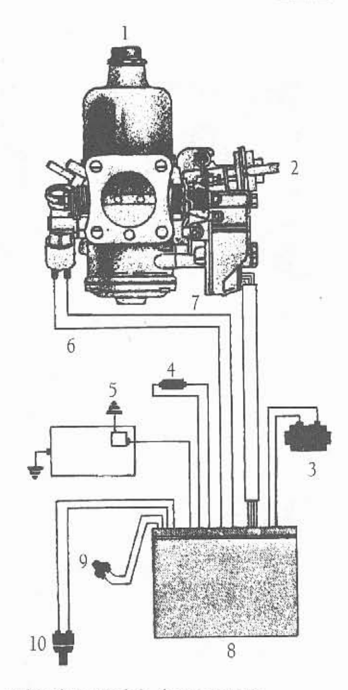
Posición del estrangulador (válvula abierta o cerrada).

Revoluciones del motor.

Con esta información se consigue un control muy preciso del estrangulador para el arranque en frío. así como un régimen de ralentí bajo (entre 600 y 700 rpm) y constante, independientemente de las cargas adicionales. Así, si se conecta el encendedor electrónico, la luneta térmica, etc., que harían caer las revoluciones, el sistema reacciona abriendo un poco más la mariposa para que la mezcla adicional compense la mayor carga.

Este dispositivo, además, está dotado de un sistema de corte de combustible mediante una válvula, que actúa siempre que el conductor levanta el pie del acelerador y el motor gire por encima de 1200 rpm. Por debajo de ellas, o si la temperatura exterior es inferior a 0°C, el sistema se conecta automáticamente. Para evitar que se pueda calar el motor, el corte de combustible no es constante, sino intermitente cada medio segundo.

La verdadera aplicación del carburador electrónico está en el sistema de inyección de gasolina, que se realiza directamente en el flujo de aire aspirado, regulando la misma.



Carburador controlado electrónicamente.
1. Carburador
2. Interruptor de vacío
3. Amplificador del encendido
4. Sensor de temperatura ambiente
5. Luz de aviso de alta temperatura del motor
6. Válvula de cierre de combustible
7. Unidad de control de mezcla
8. Unidad de control electrónico
9. Interruptor del pedal acelerador
10. Termistor de temperatura del refrigerante

Figura 6.20.

6. TIPOS DE CARBURADORES

6.1. Doble carburador o dual

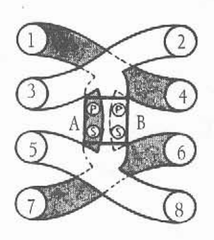
En vez de dos aparatos completos e independientes, se puede usar una sola entrada de aire con filtro único, y un solo estrangulador, así como una cuba y flotador comunes; pero en cuanto el aire pasa del estrangulador, se canaliza por dos tubos de aspiración independientes, con sus respectivos surtidores, venturis, bombas de aceleración, economizadores y mariposas (cuerpos idénticos). El efecto es el mismo que si fuesen carburadores iguales. Como es lógico, ambas mariposas están enlazadas para abrirse y cerrarse a la par (Fig.5.18).

6.2. Carburadores escalonados

En cualquier caso, sean cuatro, seis u ocho los cilindros alimentados por un solo carburador, en cuanto la cilindrada ronda el litro y medio, el volumen de mezcla a suministrar es apreciable. Ahora bien, por una parte, conviene que el diámetro del difusor sea estrecho para la marcha a pocos gases, con objeto de que el aire pase de prisa y vaporice la gasolina. Pero, a plenos gases, la respiración del motor debe ser amplia, y esa estrechez del difusor lo dificultaría. Para salvar estos problemas se idearon los *carburadores de doble cuerpo o carburadores dobles*, de acción escalonada, que también tienen una sola entrada de aire con filtro único, así como una cuba común; pero alimentando ambos, por el mismo colector, a todos los cilindros(4).

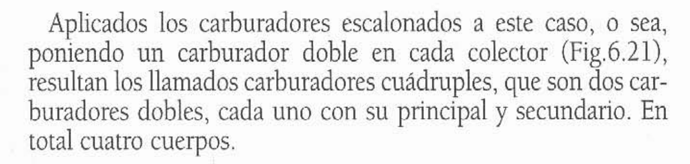
Uno de los cuerpos, llamado *principal*, proporciona todo el gas necesario al motor, mientras el acelerador se pisa hasta un tercio o la mitad de su recorrido; más a fondo empieza a abrirse ya rápidamente la mariposa del segundo cuerpo (*secundario*), con lo que se proporciona al motor la respiración necesaria. En este caso, el estrangulador para el arranque en frío, sólo va en el cuerpo principal.

Estos carburadores, cuyos dos cuerpos, no necesariamente iguales, actúan de forma escalonada, se aplican principalmente a motores de cuatro y seis cilindros, porque para los de ocho con un colector (Fig.5.16) es conveniente independizar la alimentación por grupos de cuatro cilindros (Fig.5.18).



Carburador cuádruple en un ocho cilindros en V. El doble A sirve a los cilindros 1, 4, 6, y 7. El otro escalonado B (doble) a los 2, 3, 5 y 8

Figura 6.21.

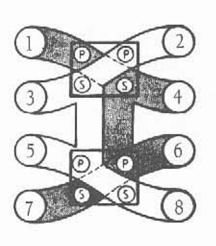


Aplicados los carburadores escalonados a este caso, o sea, poniendo un carburador doble en cada colector (Fig.6.21), resultan los llamados carburadores cuádruples, que son dos carburadores dobles, cada uno con su principal y secundario. En total cuatro cuerpos.

6.3. Carburadores cuádruples

Siempre con objeto de alimentar los motores de ocho cilindros en V, lo mejor y más económicamente posible, tanto a pocos como a plenos gases, se recurre al *carburador cuádruple* (cuatro cuerpos de carburación con cuba y filtro de aire únicos), de los cuales dos son *principales*, sirviendo cada uno a cuatro cilindros, y los otros dos *secundarios* (uno para cada principal), que entran en acción cuando el acelerador se pisa ya cerca de la mitad de su recorrido. Las mariposas de los secundarios se enlazan mecánicamente al acelerador, o bien su mando es automático por el vacío o por la velocidad de entrada del aire. En cualquier caso, las mariposas de los secundarios se abren con retraso respecto a las primarias, si bien éstas lo hacen ambas a la vez.

A bajas velocidades, el carburador cuádruple aumenta poco la potencia del motor; pero, en cuanto se pasan las 2.500 rpm (o el típico vehículo americano, circulando en directa a bastante más de 80 Km./h.), la ganancia de aceleración es francamente notable.



Alimentación de ocho cilindros en V con dos carburadores cuádruples

Figura 6.22.

Pueden montarse dos carburadores cuádruples (Fig.6.22), pero la puesta a punto o sincronización de las mariposas es un problema de paciencia y destreza, con empleo de un equipo especial de comprobación.

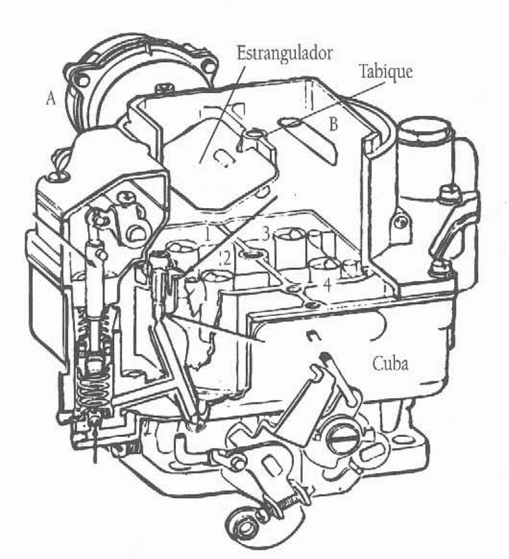


Figura 6.23.

6.3.1. Descripción de un carburador cuádruple

Como se ha dicho, un carburador cuádruple, es un carburador doble en el que cada cuerpo 1 y 2 (Fig.6.23) del carburador principal o primario (que suele ser el delantero, el que mira al radiador), está auxiliado por un cuerpo correspondiente en el carburador secundario (3 y 4; el 3 ayuda a su primario 1, y el 4 a su primario 2).

Es decir, el verdadero doble carburador (dual) es el primario, cuyos tubos de admisión, señalados por los pequeños difusores 1 y 2, tienen una entrada de aire común con estrangulador único; pero, luego los tubos 1 y 2 se independizan y pasan a alimentar grupos distintos de cilindros, según se explicó en el apartado

6.1. Los cuerpos 3 y 4 del otro carburador doble (secundario) tienen, asimismo, una sola entrada de aire para ambos, pero sin estrangulador. Las entradas de aire primario y secundario están separadas por un tabique.

En cambio, después de los difusores y surtidores, el tubo secundario 3 alimenta el mismo colector que el primario 1, secundando a éste; y el 4 ayuda al mismo colector que el primario 2.

El doble primario y el doble secundario tienen cubas y flotadores independientes, pero las cubas comunican entre sí, para asegurarse el mismo nivel. Sólo hay bomba de aceleración en el primario. El estrangulador, común a los dos cuerpos 1 y 2, es accionado por un único control automático A. El pequeño tubo B, comunica las cubas con la entrada de aire, dispositivo antipercolador; pero en otros modelos (Rochester "4"), el sistema adoptado es el segundo de los explicados al hablar de los carburadores equilibrados, o sea, que la comunicación de la cuba con la atmósfera, se tapa en cuanto se pisa el acelerador.

La explicación siguiente, se refiere a cada pareja de un cuerpo primario con su secundario, que alimentan por el mismo colector a una mitad de los cilindros del motor, cuyo funcionamiento es el siguiente:

El carburador completo es el primario. Hasta que su mariposa no está abierta a la mitad, no comienza a hacerlo la del secundario, que termina de abrirse del todo a la vez que la del primario; o sea que lo hace el doble de prisa. De esta forma, en marcha normal funciona sólo el carburador primario, que da una cantidad de mezcla reducida y económica; si sólo hubiese un cuerpo de carburación, como tendría que servir también para el llenado completo de los cilindros, la entrada de aire habría de ser amplia y, a bajo régimen de revoluciones del motor, la velocidad del aire a su paso por los difusores resultaría escasa, para una buena carburación. Pero repartiendo la entrada con un secundario, que atienda a la mayor respiración a plenos gases, el primer tubo puede ser más estrecho y dar al aire la velocidad más conveniente, para que se carbure bien (de aquí la economía de combustible comprobada en las marchas normales, hasta medios gases).

Cuando se pide el máximo esfuerzo, pisando a fondo el acelerador, el hecho de ser dos las secciones de entrada permite más amplitud de paso, que si hubiese un cuerpo único; se consigue el mejor llenado de los cilindros, y el resultado es un aumento de potencia del 10 por 100 o más respecto al carburador equivalente de doble cuerpo, y de un 15 a un 20 por 100 sobre el de cuerpo único.

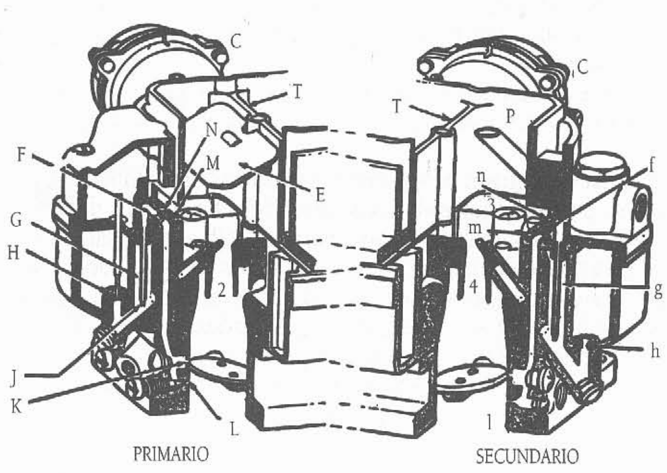
Si no se pisa el acelerador a más de la mitad de su carrera, el vehículo llega a los 100 ó 120 Km./h., usando sólo los carburadores primarios con un consumo, sensiblemente más económico en combustible, que antes.

En las descripciones de las figuras 6.24, 6.25 y 6.32, se señalan con letras minúsculas, en el cuerpo secundario, los mismos elementos que sus correspondientes mayúsculas marcan en el primario.

7. MODELOS DE CARBURADORES

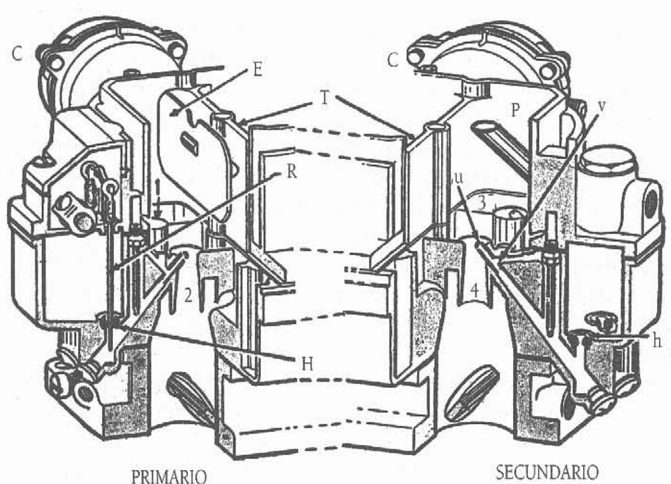
7.1. Carburador Carter

Hay modelos, como el WCD, que son dobles, y otros como el WCFB y AFB, que son cuádruples (Fig.6.23 y siguientes); salvo detalles de organización, el funcionamiento es análogo en todos.



C. Caja de control automático del estrangulador E.
T. Tabique entre el doble cuerpo primario y el secundario.
E. Estrangulador (solamente en el primario).
P. Ventilador de la cuba (antipercolador).
F. f. Economizadores
G. g. Pozos.
H. h. Calibres principales (el secundario h sin aguja).
J. Calibre de ralentí.
K. L. Salidas de ralentí en el primario. En el secundario funciona sólo la l, pero sin tornillo regulador.
M. m. N. n. Sopladores para el ralentí antes y después de los economizadores F y f.

Figura 6.24.



C. Caja del control automático del estrangulador E.
T. Tabique entre el doble cuerpo primario y el secundario.
E. Estrangulador.
P. Ventilador de la cuba.
R. Aguja para el calibre principal H del primario.
h. Calibre principal del secundario (sin aguja).
v. Soplador del surtidor u.

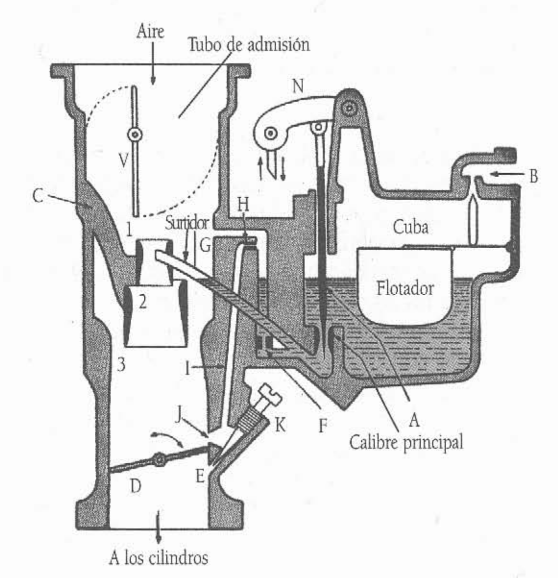
Figura 6.25.

El carburador Carter cuádruple, se representa en la figura 6.24 (ralentí) y 6.25 (marcha a alta velocidad). En cada una aparece, como partido en sus dos mitades, primaria y secundaria, ligeramente separadas y formando ángulo para mostrar mejor el interior; por lo mismo aparecen duplicadas ciertas partes, como el tabique T y el mando automático C del estrangulador.

Las leyendas al pie de cada figura explican la constitución, de funcionamiento idéntico al Carter (Fig.6.26), con el doble mando (también por vacío) de la aguja y la bomba de aceleración en el primario. Los carburadores secundarios no tienen ni el reglaje L en el ralentí,

ni bomba de aceleración, ni la aguja R en el calibre "h", pues su misión es dar mezcla rica en todos los casos para ayudar a los primarios.

Los carburadores Carter (Fig.6.26), son muy usados en automóviles americanos. De todos los populares, los Cárter W y los Y, son los únicos que, para actuar sobre la cantidad de gasolina que llega al surtidor, emplean como economizador una aguja A que obtura más o menos el calibre principal.



Carburador "Cárter"

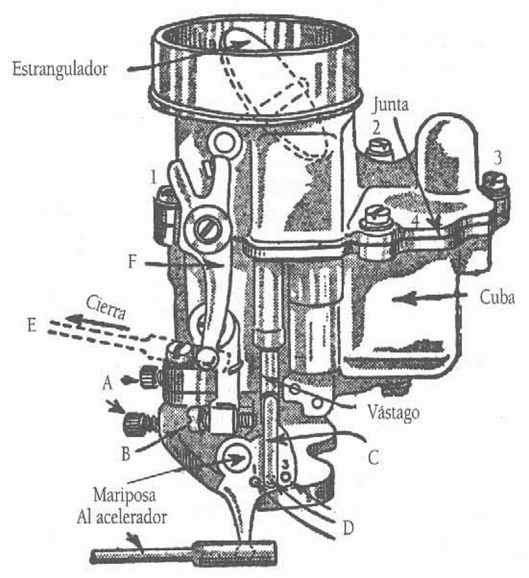
Figura 6.26.

7.1.1. Cárter "W"

La gasolina llega a la cuba por B y pasa por dicho calibre (con la aguja) al surtidor que asoma al más estrecho de los tres difusores 1, 2, 3; este último formado por el tubo de admisión, y los 1 y 2 soportados por el brazo C. El juego de los tres canaliza y acelera la corriente de aire que entra por la tubería de admisión, y pasa por abajo, ya carburada a los cilindros.

Ralentí.

En ralentí, con la mariposa D cerrada, la succión de los cilindros se ejerce sobre el paso E; la gasolina se aspira a través del calibre F, se emulsiona con una primera carga de aire que entra por la toma G, pasa por el calibre economizador H, donde se bate y pulveriza mejor la gasolina con el aire, y continua por el conducto I a recibir una nueva dosis de aire por la toma J; la mezcla sale por E, donde recibe el último aire, el que pasa por los bordes de la mariposa D, que ni puede cerrar herméticamente, ni le deja totalmente, pues un tornillo exterior (B, en la figura 6.27), ajusta la posición más conveniente para que el aire que pase por sus bordes (Fig.6.26), proporcione la cantidad de mezcla



Reglajes exteriores de un carburador "Cárter".

Figura 6.27.

necesaria al ralentí. Así es que el tornillo K ajusta la cantidad de emulsión que se mezcla al último aire, o sea, la riqueza de la mezcla final y la cantidad de ésta se gradúa por la posición de reposo de la mariposa.

Marcha normal.

A medida que se abre la mariposa, la emulsión que viene por I, sale también por J, mezclándose con el aire que pasa por los bordes de D, cada vez en mayor cantidad. Pero este aire, al circular por el difusor 1, provoca una depresión, cada vez más fuerte; comienza a sorberse la gasolina del surtidor, que se pulveriza y mezcla en el triple venturi. La cantidad de gasolina viene impuesta por el paso que le permite la afilada aguja A en el calibre principal, de modo que estando la mariposa D abierta del todo, la aguja está alta y deja pasar, en cada momento, la cantidad de gasolina que requiere el aire aspirado por el motor, manteniendo constantemente la riqueza de la mezcla. El mando de la mariposa D (desde el pedal del acelerador), es solidario por la palanca N de la aguja A y también del de la bomba (del tipo de la figura 6.14), que no se dibuja en la figura 6.26 por no complicarla.

Este modelo Carter, idéntico al carburador Opel, alemán, es el básico "W", del que se derivan otros, adecuados especialmente para cada caso particular.

Conviene fijarse en dos aspectos: 1°, hay tres calibres, el principal, el F y el H, que se pueden desmontar o alcanzar desde el exterior por tornillos fácilmente desmontables, para su limpieza; 2°, que sólo hay dos reglajes a mano, el del tornillo K y el del otro tornillo-tope citado y no dibujado, que fija la posición de cierre de la mariposa D.

Reglajes.

Los reglajes se ven en la figura 6.27: apretando los tornillos A (uno para carburadores sencillos en motores de cuatro o seis cilindros, y dos para los dobles en los de ocho cilindros), se empobrece la mezcla; aflojándose, se enriquece. El tornillo B, fija el tope para el giro de la mariposa, que se manda por varillas desde el acelerador; apretando este tornillo, se abre el borde de la mariposa, aumenta el paso y acelera el ralentí.

Aquél mismo mando actúa sobre el vástago de la bomba de aceleración, cuya parte inferior se puede enganchar en uno de los tres orificios D: en tiempo caluroso los bombeos deben ser menores y se usa el D_1 para recorrido corto del pistoncito; en tiempo normal, el del medio; y en épocas muy frías la aceleración requiere mayor riqueza, que se consigue con mayores emboladas, orificio D_3. Todos estos reglajes deben hacerse con el motor caliente y son los únicos que puede realizar el conductor, si tiene práctica.

El cuerpo del carburador es fácilmente desmontable, pues basta aflojar los cuatro tornillos 1, 2, 3 y 4 para levantar la tapa que cubre a los surtidores, calibres y cuba

7.1.2. Cárter "Y"

Los tipos "Y" tienen doble mando para la bomba de aceleración y la aguja economizadora que, además de moverse mecánicamente por el pedal del acelerador (a través de un resorte amortiguador), tiene acción automática por el vacío de la tubería de admisión; éste es llevado a una bomba de diafragma en la que este tabique flexible tiene, por un lado, un resorte, y por el otro actúa como émbolo, de modo que, por ejemplo, cuando el vacío disminuye al bajar el giro del motor a plenos gases, la fuerza del resorte se va encontrando libre y empuja al diafragma a que, con su carga de gasolina, enriquezca la mezcla (del mismo modo que se explica en la figura 6.34 para el Stromberg). Otra variante es que el surtidor (Fig.6.26) tiene un soplador, como el V de la figura 6.25.

7.1.3. Cárter BB (Ball y Ball)

Ralentí.

El ralentí es prácticamente igual a los "W", pero a medios y plenos gases se actúa sobre la riqueza de la mezcla, no por una aguja calibrada, sino por una válvula que se cierra o abre, mandada por la depresión, como en la figura 6.13. Tiene un pozo, con soplador, del sistema característico del Solex, como se verá al describir esta marca.

Marcha normal.

Cuando se pisa el pedal del acelerador y se abre, más o menos, la mariposa (Fig.6.28), la succión de los cilindros se ejerce en los orificios laterales A de la punta del surtidor, por los que sale la emulsión formada con el aire que entra por el soplador, y en el tubo perforado B se mezcla con la gasolina procedente del calibre principal. Cuando la mariposa está abierta y el motor no gira de prisa (precisamente cuando se pide potencia), hay poca depresión, y el vacío que llega por el conducto C no puede vencer al muelle que levanta al pistón D, el cual mantiene alta la aguja E, dejando abierto el calibre economizador F, por el cual sale el suplemento necesario de gasolina. Pero, si la velocidad del motor es grande y la mariposa está medio cerrada, el vacío es más fuerte y vence al resorte, con lo que bajan el pistón D y la aguja E, llegando a taparse del todo F; así, sólo se dispondrá de la gasolina del calibre principal, bajará el nivel del pozo que forma el tubo surtidor, y se obtendrá el suministro económico.

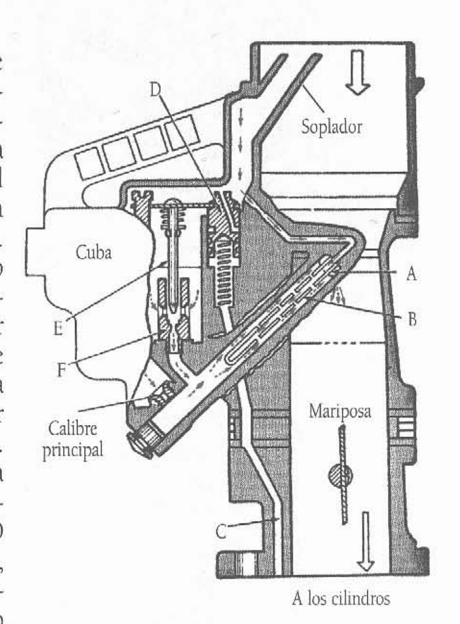


Figura 6.28.

7.2. Carburador Holley

Usado por el grupo Ford, en bastantes de sus motores desde 1938, se caracteriza (Fig.6.29) por tener el surtidor y su soplador en el centro del tubo de aspiración, sostenido por dos brazos huecos (o por uno solo inclinado), que se apoyan en las paredes por encima del difusor. La gasolina de la cuba pasa por el calibre principal al pozo, para alimentar al calibre de ralentí y al surtidor principal.

Ralentí.

Como en ralentí está cerrada la mariposa, la succión de los cilindros se ejerce sobre el orificio A (cuyo paso, o sea, la riqueza de la mezcla, se gradúa con el tornillo B) y por el tubo C sorbe gasolina del calibre de ralentí, que forma parte del tubo sumergido en el pozo. Esta gasolina se emulsiona y mezcla con el aire conveniente, que entra primero por el orificio que hay en lo alto del citado tubo, y luego por el soplador, pasando por su orificio de costado.

Marcha normal.

Al abrirse la mariposa, la succión se ejerce también en D, con lo que sale más emulsión para el aire que pasa por los bordes de aquélla. Ahora la depresión llega al soplador, y el

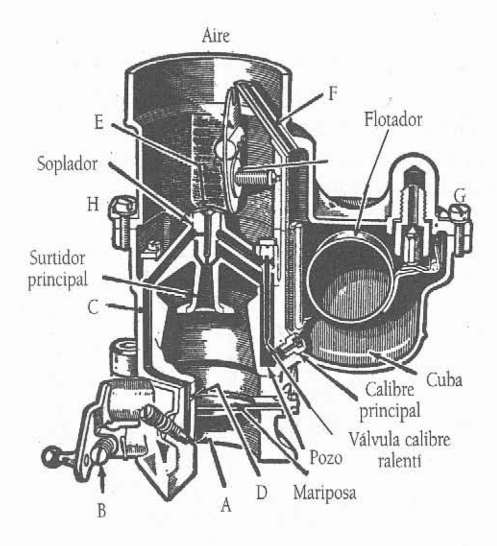


Figura 6.29.

aire que pasa por él, empieza por robar gasolina del ralentí por el orificio de costado E. La acción del soplador en el surtidor, precisamente en el estrechamiento del venturi, empieza a hacer subir la gasolina del pozo, por alrededor del tubo del ralentí al surtidor, de modo que al abrirse más la mariposa, deja de actuar la aspiración en A y D, para ejercerse en aquél. La gasolina del pozo, emulsionada con el aire del soplador, sale por la boca del surtidor a formar la mezcla adecuada con el aire que pasa rápido por el estrechamiento del difusor.

La gasolina del pozo se agotará pronto, pues el calibre principal está calculado para dejar paso a un consumo reducido y económico a medios gases.

Si la mariposa se abre del todo, a plenos gases, entra en función la aportación de gasolina que no dejaba pasar el economizador (Fig.6.30, que muestra otro corte del carburador ligeramente girado a derechas respecto a la figura anterior). En efecto, a medios gases y con el motor girando de prisa, la depresión es grande y desde el orificio A actúa por el tubo B en la cámara de vacío, "chupando" del pistón, que sube venciendo su resorte y cerrando la válvula D. Esta válvula cierra un paso directo de gasolina desde la cuba al pozo. Pero si el acelerador va pisado a fondo, pidiendo al motor toda su fuerza, el vacío de la aspiración es menor y no puede vencer al resorte del pistón; éste baja y abre la válvula D, que deja paso hasta el pozo al suplemento de gasolina necesario para la marcha a plenos gases. En cuanto se suelta un poco el acelerador (cuyo mando se engancha en E), se cierra algo la mariposa, aumenta el vacío debajo de ésta y por A, B y C, "chupa" del pistón hacia arriba, cerrándose D, con lo que se vuelve a la marcha económica. El sistema es el mismo que en el Cárter BB.

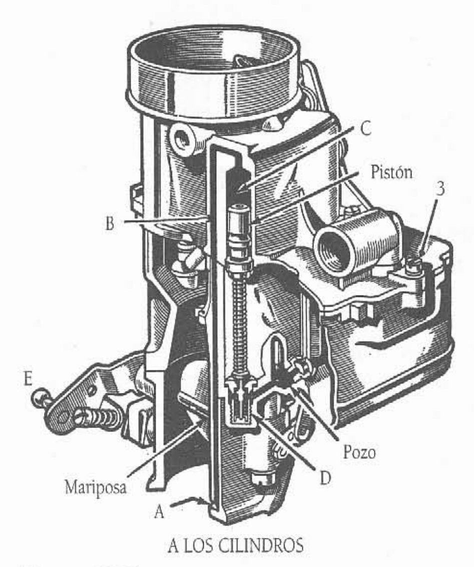


Figura 6.30.

Volviendo a la figura 6.29, la cuba comunica por el tubo F con la entrada de aire, por tratarse de un carburador equilibrado. La parte superior del carburador se retira quitando unos tornillos como G y H; el tubo-calibre de ralentí se saca fácilmente, para su limpieza, desatornillando su cabeza, que queda en el borde destapado, así como el soplador; el calibre principal se quita por el fondo de la cuba.

Bomba de aceleración.

Para un mayor aumento de potencia en los instantes del pisotón al acelerador, éste acciona también una bomba de aceleración como la de la figura 6.14, cuyo efecto se suma al del resto de los surtidores, como se ve detallado en la figura 6.31. Desde el pedal del acelerador se mueve la mariposa por una palanca, que a su vez enlaza por una biela, con la varilla de mando del pistón de la bomba. La unión entre la varilla y el pistón no es rígida, para que en caso de pisar de golpe el acelerador, no baje bruscamente el pistón a expulsar de repente toda la gasolina de su cilindro, sino que lo que mueve a la varilla es un resorte que apoya en el émbolo; así, aunque la varilla baje de golpe, el émbolo lo hará más lentamente, empujado por el resorte, prolongando durante un tiempo la inyección de gasolina.

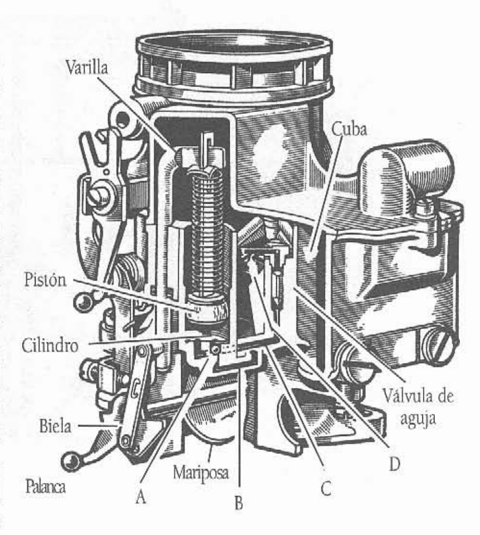


Figura 6.31.

Cuando se suelta el acelerador, sube el pistón, aspirando una nueva carga de gasolina por la válvula de bola A y el conducto B que comunica con la cuba. Al bajar el pistón, sale por el tubo C, y levanta la válvula de aguja (que tiene un costado rebajado para el paso de combustible), para ser inyectado en el tubo de admisión, encima del difusor, por el pitorro D. En el extremo inferior de la biela, se ve cómo puede engancharse a la palanca, según la época del año, para que el émbolo haga más o menos carrera.

7.3. Carburador Rochester

Esta marca apareció en 1948 para equipar algunos automóviles del grupo General Motors (USA). En ciertos modelos es prácticamente igual al Holley, con los mismos dispositivos y organización. Los tipos "2" y "4" ofrecen diferencias que se detallan al hablar de los carburadores múltiples.

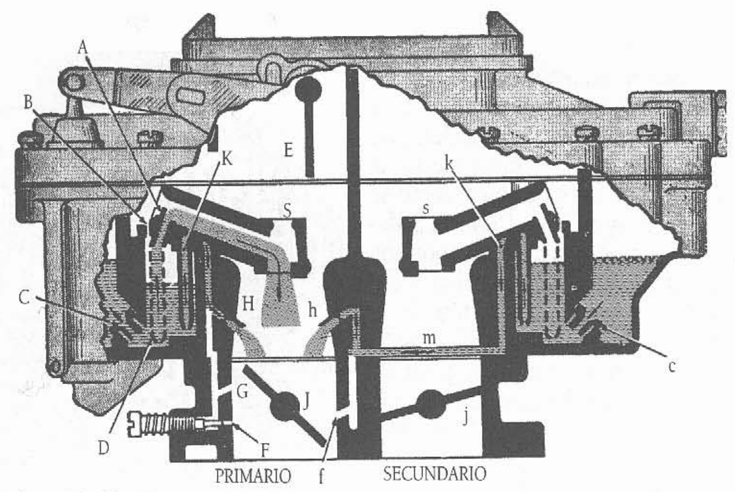
El carburador Rochester cuádruple "Quadri-Jet", tiene una disposición interior (Fig.6.32) distinta a la tipo Holley, que caracterizó sus modelos corrientes anteriores, y es idéntica a una de las últimas de Zenith.

Ralentí.

La mezcla para ralentí, aunque la suministran los pozos primarios y secundarios, sólo sale por el cuerpo de aquél. El pozo, con su tubo de emulsión D, se alimenta de la cuba por el calibre principal C (en el secundario "c"), y tiene un soplador B. Por el tubo y calibre K de ralentí, pasa la mezcla a los orificios clásicos F y de transición G, mientras que desde el secundario viene su emulsión por el conducto "m" a la salida de "f", en el tubo primario.

Marcha normal.

La marcha normal tiene un soplador A en el surtidor, que asoma por el primer difusor S de los dos escalonados que van en el cuerpo carburador. Una novedad es que los calibres de ralentí K y "k" colaboran, pues sus emulsiones salen por los pitorros H y "h", cuya presencia



Carburador Rochester "Quadri-Jet"
Figura 6.32.

hace potente, y sin vacilaciones, el tránsito del ralentí al iniciarse la apertura de J. Cuando ésta se halla a mitad de su giro empieza a abrirse "j", que alcanza la máxima apertura a la vez que J (plenos gases).

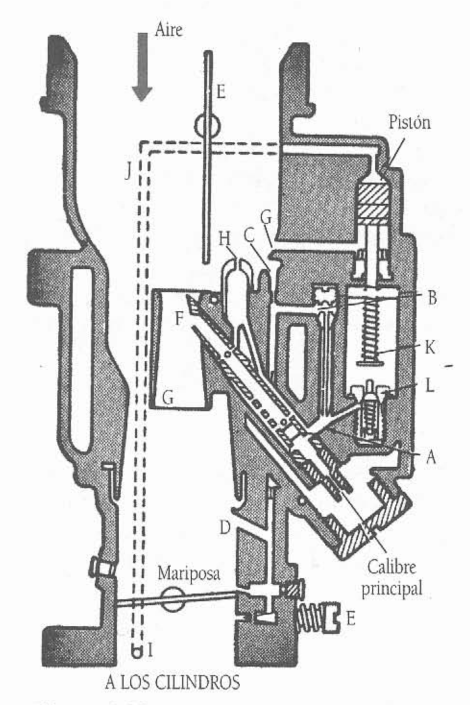


Figura 6.33.

Análogas a las descritas, son las disposiciones de los tipos cuádruples de otras marcas, todas ellas dotadas de los elementos citados en los modelos normales: economizadores por depresión, bomba de aceleración, etc.

7.4. Carburador Stromberg

Es una marca usada en América y Europa, donde está asociada con la Zenith. Análogo al "Ball y Ball" de Cárter, difiere poco de los demás, cada vez con mayores semejanzas entre sí.

Ralentí.

El calibre principal (Fig.6.33), da paso a la gasolina de la cuba. Para el ralentí, sube por A y su calibre B a emulsionarse con el aire que entra por el soplador interno C; sigue por el conducto vertical a mezclarse con más aire que entra por D, y sale por debajo de la mariposa, por el orificio que gradúa el tornillo E.

Marcha normal.

A medida que se abre la mariposa ocurre lo explicado en los otros carburadores: la succión en F (que asoma al pequeño venturi G

dentro del grande) aspira la emulsión que se forma en F con el aire del soplador H. Cuando se agota la gasolina del pozo, sólo pasa a los cilindros la que deja el calibre principal (marcha económica). Mientras la depresión es apreciable, el vacío que desde el orificio I llega por el conducto J al pistón, mantiene a és-te levantado venciendo al débil re-sorte K; pero si, por estar abierta la mariposa a fondo y girar despacio el motor, la depresión es pequeña (lo que ocurre al pisar el acelerador pidiendo la máxima fuerza al motor), entonces no existe vacío que retenga al émbolo, su resorte K tira del vástago, que pisa y abre la válvula L, y un suplemento de gasolina pasa por A para sumarse al económico del calibre principal, con lo que la mezcla se enriquece para dar mayor potencia. Además, hay una bomba de aceleración, mandada desde el pedal por intermedio de un resorte, igual a la del Holley de la figura 6.31.

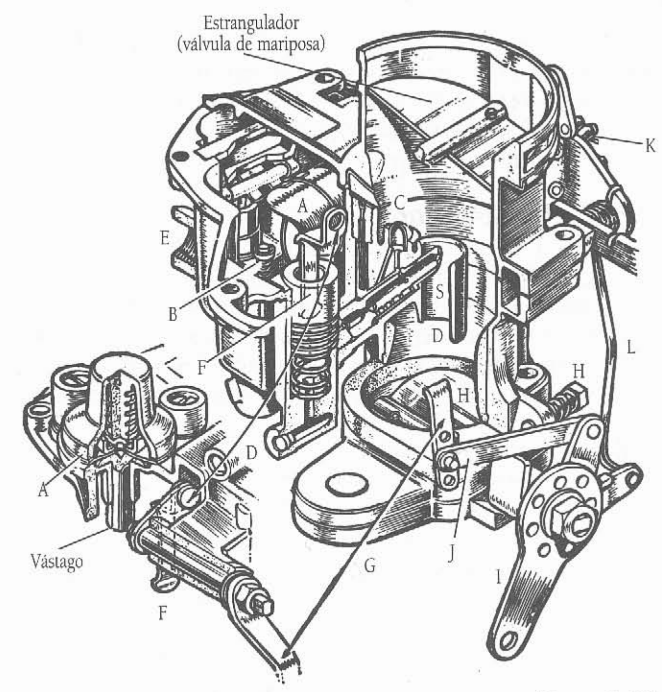


Figura 6.34.

Un modelo europeo (Zenith-Stromberg) de este carburador, se representa cortado en la figura 6.34. La diferencia con el esquema de la figura anterior, es que el émbolo ha sido sustituido por una membrana A, accionada asimismo por el vacío de la aspiración del motor; cuando ésta es pequeña (lo que ocurre al pisar el acelerador pidiendo la máxima fuerza al motor), entonces la membrana cede a la presión del resorte que lleva encima, y el vástago empuja y abre la válvula B, que proporciona un suministro suplementario de gasolina al surtidor. Como en la figura anterior, C es el soplador del surtidor; D, el pequeño difusor, interior al grande, que rodea la boca del surtidor; la entrada de gasolina a la cuba es por E.

Parte de la tapa de la cuba se dibuja separada a la izquierda para mostrar el interior de aquélla, así como la bomba de aceleración que se acciona con el vástago F, a su vez enlazado por la palanca G al mando de la mariposa de gases H; cuando se pisa el acelerador, I gira a izquierdas el eje de H y a la vez empuja por J a G, que gira a la izquierda y hace bajar F, empujando gasolina al pitorro de aceleración.

La unión entre G y J se puede hacer en tres posiciones diferentes, según la estación del año, ya que en invierno las inyecciones de gasolina para aceleración serán mayores que en verano.

El estrangulador se acciona desde el tablero al tirar del cable K, que a su vez por L obliga a cerrarse a la mariposa H (si ésta se abre, también se abre la del estrangulador) de modo que, en el momento del arranque en frío, el paso de aire a los cilindros está adecuadamente medido entre las dos válvulas de mariposa para el combustible que dan los calibres del carburador (ralentí y principal).

7.5. Carburador Ford

Desde 1957 se vienen aplicando a motores de este grupo, con su propia marca, carburadores que se parecen a los demás y que sólo difieren de ellos en detalles de organización, siendo el principio y fundamento, los mismos. Como en todos, la diferencia más apreciable en las diversas marcas (excepto los Cárter de aguja) entre sus modelos, a partir de 1950, es que cada vez procuran achatarse más, ocupando el menor espacio posible en altura y permitiendo rebajar así la del capó, para adaptarse a la moda de las carrocerías modernas.

7.6. Carburador Zenith

Los modelos modernos de Zenith son los de tiro descendente, cuyo esquema de funcionamiento representa la figura 6.35.

Las características fundamentales son:

1ª, *surtidor único* en forma de pico o boquilla A, al que confluyen la gasolina que viene de la cuba por el calibre principal, y la del compensador, pozos B y C, y bomba de aceleración (sale por el pitorro D).

2ª, *barra de difusión* colocada transversalmente en la boca de la boquilla A, con otra barrita normal; al pasar el aire se crea una fuerte depresión debajo de estas varillas que, además de ayudar a la producida por el venturi, reparte la emulsión de gasolina que sale por A a todo lo ancho del difusor.

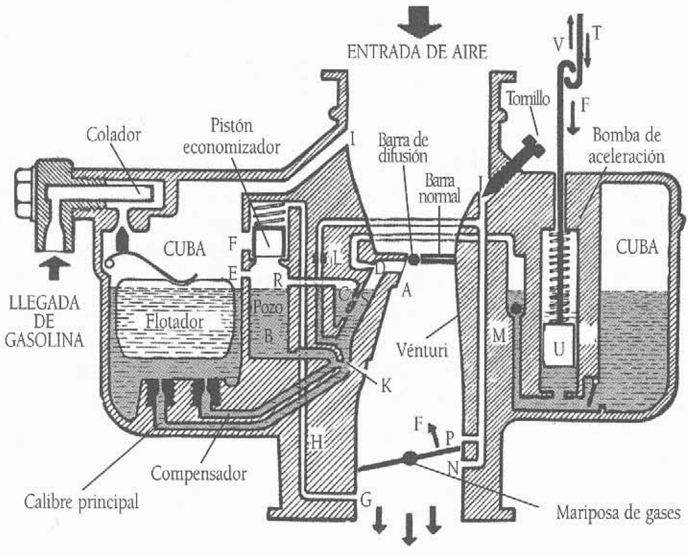


Figura 6.35.

3ª, pozo B cerrado, con soplador permanente de aire E y otro mayor F descubierto por el pistón economizador. Cuando la mariposa de gases está casi cerrada, el fuerte vacío del colector de admisión se comunica por G y conducto H a la parte superior del émbolo (pistón economizador), que se levanta, venciendo al resorte que lo aplica hacia abajo y descubre el paso grande de aire F.

4ª, *sistema equilibrado o antipercolador*, pues la cuba y el pozo por I, y la toma de aire del ralentí por J, comunican con la entrada general de aire en vez de con la atmósfera exterior. Los modelos de la serie V-3 no suelen estar equilibrados.

Para las características 1ª y 3ª, de surtidor único y soplador de aire, los modernos Zenith tienden a unificarse, en su funcionamiento, con otras marcas también muy extendidas (Stromberg, Holley, Solex), aunque difieran en la organización práctica interna.

La gasolina pasa a la cuba a través de un colador, y por los calibres principal y compensador sale al surtidor-boquilla A. Los conductos provenientes de estos calibres se comunican en K, frente al conducto que alimenta al pozo B.

Ralentí.

Por encima de K está la toma de gasolina para el ralentí, que pasa el calibre L, y por el tubo M sale a los surtidores N y P de funcionamiento conocido; en J se toma el aire, graduable desde el exterior por un tornillo.

Marcha normal.

Por encima de K sube el amplio conducto que termina en la boquilla A; por unos orificios comunica con el pocillo C, que a su vez lo hace por el conducto R con el pozo B. A medida que se abre la mariposa de gases, la succión por la boquilla A sobre la gasolina de S, da una mezcla rica; pero, en seguida baja el nivel y al descubrir los orificios de C sale aire desde R y E, emulsionando y rebajando la mezcla.

El nivel sigue bajando, y como el pozo se vacía por K más deprisa de lo que puede llenarlo, llega un momento en que por los agujeros de C solamente sale aire que viene por E y B. Si la succión es muy fuerte en el colector (mariposa a medios gases y gran velocidad del motor), el vacío que pasa por G levanta el pistón economizador, y al descubrirse F, la proporción de aire que sale por C y K es mayor, empobreciéndose la mezcla al máximo. Cuando la succión sobre A es pequeña, vuelve a llenarse el pozo por la izquierda de K, y el pocillo C por los orificios de S.

Bomba de aceleración.

Funciona, como las explicadas, a través de un resorte, de manera que al pisar a fondo el acelerador, el enganche del émbolo baja según T también de golpe, dejándolo liberado, de modo que es el resorte el que más lentamente empuja el pistón U que envía, por la válvula de bola del tubo M, la carga de gasolina a salir, no de repente, sino durante un breve tiempo, por el pitorro D. Cuando se levanta el pie, el acelerador tira según la flecha V, haciendo que el enganche suba a U, que se carga por debajo con la gasolina que entra por la válvula de carga.

Un carburador Zenith cortado y visto, por delante y por detrás, se representa en el detalle 1 y 2 de la figura 6.36. La gasolina llega por A y pasa a la cuba por el colador y válvula de aguja. En el fondo de la cuba están los calibres principal B y compensador C, así como la valvulita D que alimenta a la bomba de aceleración, cuya válvula de bola es E. La bomba,

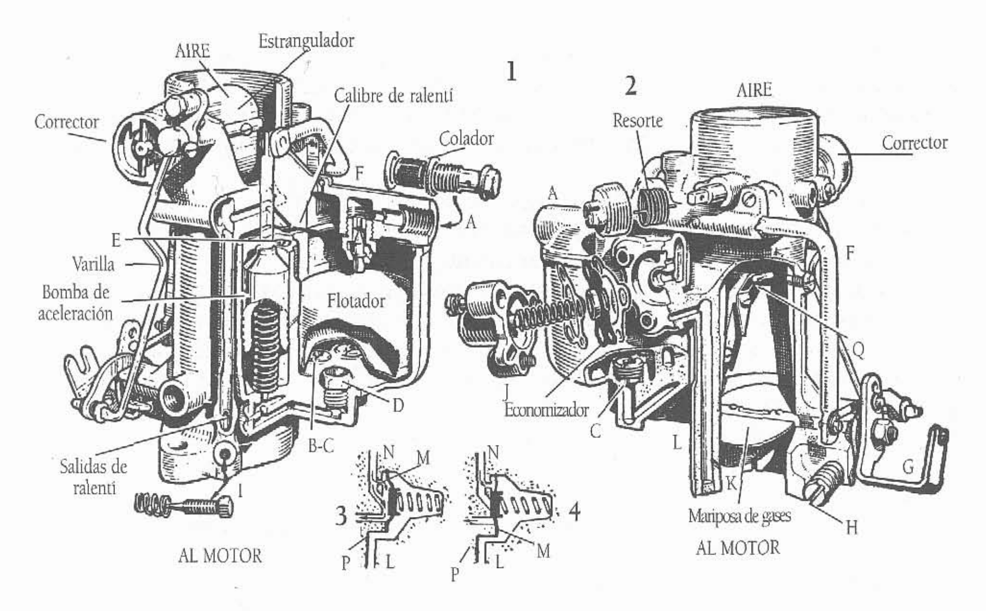


Figura 6.36.

que aquí tiene el resorte montado al revés que en el esquema anterior, se manda por la palanca F desde la G, que acciona a la vez la mariposa de gases. La posición de cierre de ésta se gradúa con el tornillo exterior H que deja más o menos paso por el borde de la mariposa frente a las salidas de ralentí, a fin de regular la velocidad de marcha lenta. La riqueza de la mezcla para ralentí se consigue con el otro tornillo exterior I (equivalente al A del esquema 6.45).

El economizador aquí no es de pistón, sino de membrana. En el detalle 2, figura quitada la tapa J, y en los detalles 3 y 4 se explica el funcionamiento: en 3, la aspiración con acelerador suelto o poco pisado (mariposa casi cerrada), el vacío por debajo es muy fuerte y llega por K y L a "chupar" de la membrana M y, venciendo al resorte, la separa de su apoyo, con lo que el aire pasa de N a P y, esquema 6.35, sigue a empobrecer la mezcla por R, C y D. Si el acelerador se pisa, abriéndose la mariposa de un tercio al máximo, el vacío no tiene fuerza para vencer al resorte, y M queda aplicada sobre su asiento (detalle 4), por lo que no pasa aire por P a empobrecer la mezcla del surtidor principal Q.

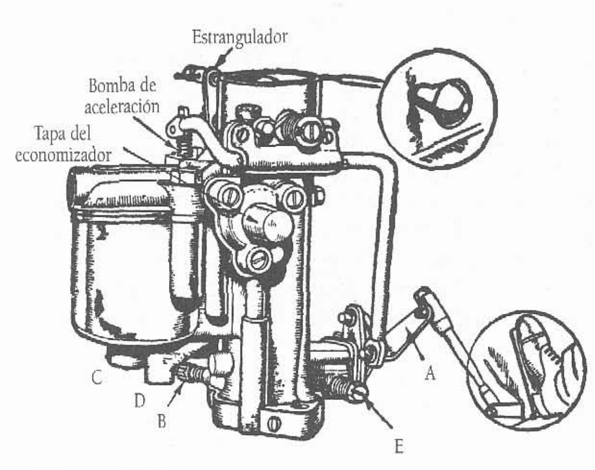


Figura 6.37.

Otros modelos Zenith, son los fabricados con licencia Stromberg, ya descritos, y uno cuya disposición interna es idéntica al primario Rochester de la figura 6.32.

Reglajes.

En la figura 6.37 se ven los reglajes y mandos exteriores de un Zenith, análogo, pero más sencillo que el explicado. Desde el pedal del acelerador se acciona la palanca A que gira la mariposa de gases, a la vez que por el enlace B se manda la bomba de aceleración. Por C y D se pueden sacar del fondo de la cuba, el calibre principal y el compensador para su limpieza.

Los reglajes para el ralentí son el tornillo B, para graduar la riqueza de la mezcla, y el otro E la posición de cierre de la mariposa (velocidad de giro en ralentí). El estrangulador, que aquí no es automático, se acciona por un cable desde el tablero.

7.7. Carburador Solex

Muy empleado en los automóviles europeos, el modelo que se popularizó es el vertical, que representa en corte la figura 6.38, todavía usado por bastantes vehículos. Por este motivo y porque caracteriza un sistema, se describe con detalle a continuación.

La entrada de gasolina es por E a la cuba con flotador y aguja de cierre en el centro F. De la cuba pasa la gasolina directamente al surtidor, cuya boca está a la altura del difusor, y que tiene agujeros en toda su altura. El surtidor tiene el calibre sumergido en su parte baja; rodeándole está el portasurtidor, con orificios sólo en su parte baja, y haciendo el resto de pozo; cubriendo ambos está la capucha, con agujeros más grandes en el centro del cuerpo y en la parte superior, que son los sopladores. La gasolina que entra por el calibre

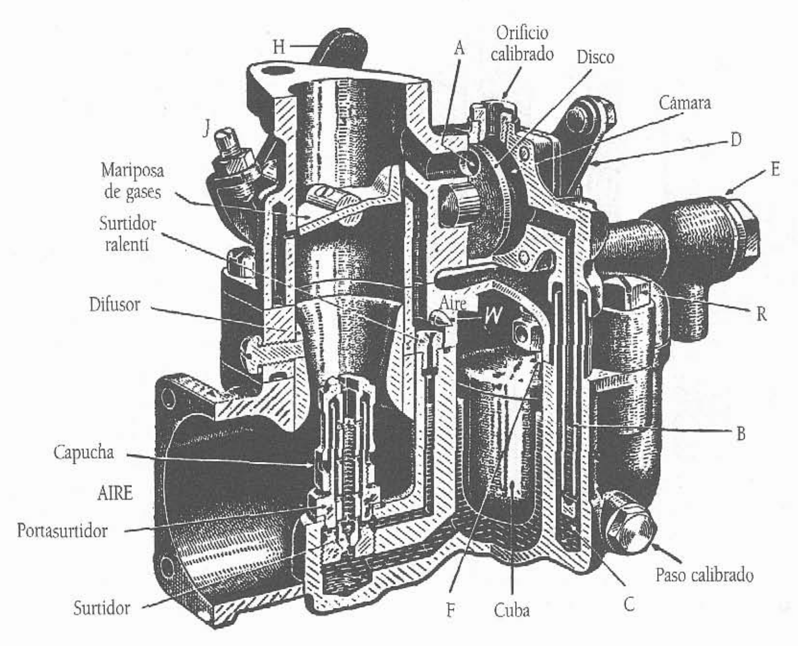


Figura 6.38.

del surtidor llena el mismo y pasa por sus agujeros al espacio que hay entre él y el portasurtidor, formándose un pozo. Por los agujeros que hay en la parte baja del portasurtidor pasa la gasolina al conducto que termina en el surtidor calibrado de ralentí.

Ralentí.

El aire entra por un orificio que regula el tornillo G, cuya punta es visible en la figura, el cual aspira y arrastra la gasolina que sube por el surtidor de ralentí y sale a la tubería de admisión por los orificios que hay alrededor de la mariposa de gases. Ésta se manda por la palanca H y tiene un tornillo J, que ajusta su cierre en la posición más conveniente al ralentí.

Marcha normal.

Parte del aire que entra por la boca principal se mete por los orificios sopladores de la capucha, sube entre ésta y el tubo portasurtidor, baja por el espacio que hay entre este último y el surtidor, se emulsiona con la gasolina y sale aspirado por la parte alta del surtidor. Cuanto mayor sea la aspiración, mayor será el arrastre producido en éste, de modo que la gasolina del pozo irá bajando de nivel, se descubren más agujeros en el tubo surtidor, que aumenta la proporción del aire, hasta que se agota el líquido del pozo y el aire se carga sólo con la gasolina que sale por el calibre del fondo del surtidor. De esta forma se corrige la tendencia a enriquecerse la mezcla cuando aumenta la aspiración del motor o su velocidad; esto es lo que ocurre con la marcha rápida del motor a medios gases; por ejemplo, circulando el vehículo en llano.

Cuando se abre del todo la mariposa, el vacío de la aspiración es menor y vuelve a llenarse poco a poco el pozo, con lo que aumenta la proporción de gasolina que se mezcla con el aire aspirado, como corresponde a las necesidades del motor para que proporciones su máxima potencia.

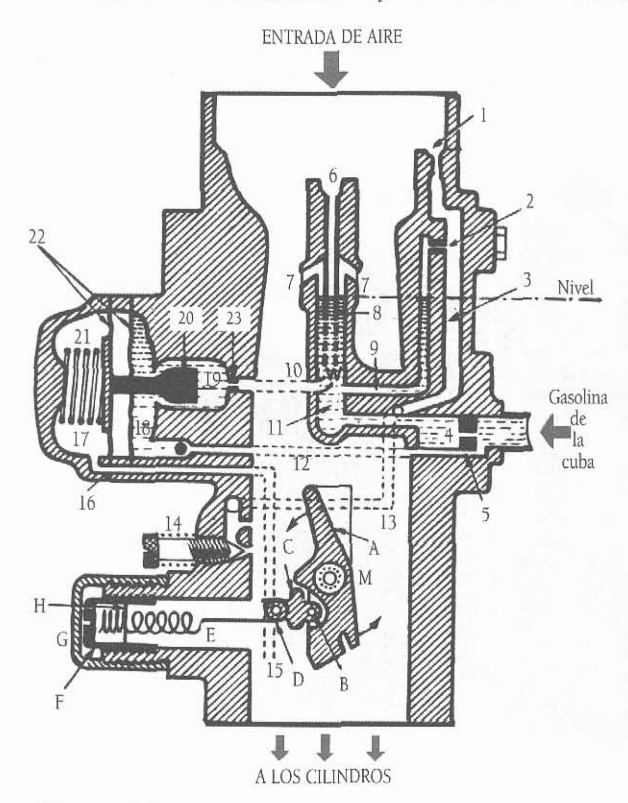


Figura 6.39.

7.7.1. Modelo descendente Solex

El modelo moderno de Solex es el representado en la figura 6.39. La gasolina llega de la cuba por el calibre 4 y sigue al pozo 11. De aquí sale por el conducto 9 el suministro para el calibre 2 de ralentí, carburando el aire que entra por el soplador auxiliar 1 y sigue por el 3 y 13 a los orificios clásicos, uno de los cuales es graduado por el tornillo 14, que regula el paso de la mezcla.

Marcha normal.

El aire, al pasar por el estrechamiento del difusor, arrastra por los orificios inclinados 7 la gasolina del pozo 11, que sube rodeando el tubo 8. A medida que baja el nivel se descubren los orificios laterales del tubo 8 por los que sale gasolina emulsionada con el aire que penetra por el soplador 6. La diferencia de este surtidor principal con el de la figura 6.38 es que en aquél el aire soplado entraba por fuera y emulsionaba hacia el interior para salir por el centro, mientras que en el de la figura 6.39 el soplador es central y la emulsión se hace y sale hacia el exterior, o sea, que el trayecto es inverso. Este sistema de emulsionar de dentro hacia afuera del surtidor se aplica también a los carburadores verticales (con el soplador 6 por debajo) y a los horizontales (con el soplador 6 por arriba), que no son equilibrados.

Bomba de aceleración.

Es de funcionamiento neumático por la fuerza del vacío, y actúa al mismo tiempo de economizador con arreglo al esquema de la figura 6.13. La bomba (Fig.6.39) tiene membrana sencilla o doble 22, empujada hacia la derecha por el resorte 21. A la parte 17 llega la depresión del colector mediante el orificio 15 y conducto 16. Cuando la succión de los cilindros es fuerte, el vacío en el 17 vence al resorte 21 y la membrana 22 se mueve a la izquierda y llena el cuerpo de bomba 18 con gasolina que llega desde 5 por el conducto 12, que tiene una válvula de bola; al mismo tiempo, como la válvula 20 hace un recorrido apreciable antes de obturar su asiento, aspira por el calibre 19, conducto 10 y pitorro W parte de la gasolina que llega al pozo 11, frenando la salida por el surtidor: éste es el efecto economizador fuerte.

Si la membrana 22 se equilibra sin llegar a cerrarse 20, por el calibre 19 fluye al pozo parte de gasolina que llega desde 5; la alimentación del surtidor es normal (recuérdese lo dicho en la figura 6.13: los calibres A y B de aquélla son los 4 y 19 de la 6.39, y la válvula C, es aquí la 20), pues la alimentación que viene completada con la emulsión del aire que entra por 1 y 2, arrastra gasolina en el tubo 9, ya que el ralentí ahora no funciona. Cuando 20 llega a aplicarse sobre su asiento, se corta el suministro por 19 y se obtiene el efecto economizador normal. Pero si se abre de golpe el acelerador, baja notablemente el vacío el muelle 21, fuerza la membrana 22 a la derecha por el calibre 19, sale la carga de gasolina de la bomba por 10 al pitorro W, y enriquece a presión la alimentación del pozo y, por tanto, la mezcla. Este es el funcionamiento de la bomba de aceleración.

El Regulador Solex.

Para limitar la velocidad máxima de giro de los motores de camión, la casa Solex dotó a sus carburadores, para estos vehículos, con un ingenioso dispositivo regulador, posteriormente montado también en algunos turismos (Fig.6.39).

La mariposa de gases M tiene una forma especial con un chaflán A sobre el que incide la corriente de alimentación al motor: cuando éste gira de prisa, la presión que la velocidad de los gases hace sobre A gira en el sentido de las flechas a la mariposa, que tiende a cerrarse aunque el acelerador se mantenga pisado a fondo. El cierre de M es dificultado cuando su saliente tropieza con el tetón C que forma parte de una pieza articulada en B a la propia mariposa, y que por D está enganchada a un alambre E enrollado en espiral, formando resorte y sujeto a la pieza F. Si el resorte E es débil, ofrece poca resistencia al cierre de M; pero si es fuerte, se necesitará más fuerza en el choque de la corriente de gases sobre A para vencer su resistencia, o sea, que habrá de ser mayor la velocidad de giro del motor para se cierre M y comience su acción frenadora. Para graduar la tensión de E se quita la

capucha G y se da vueltas a la pieza F: el eje H que lo atraviesa toma o suelta espiras de E (como si se atornillase o destornillase en él) variando la tensión, y graduando, por tanto, la velocidad para la cual empieza a funcionar el cierre automático de M. Cada vez que el motor tiende a sobrepasarla, el cierre de M le corta gases y contiene su marcha, manteniéndose constante la velocidad máxima por equilibrio entre el resorte E y la presión de los gases en la cara de A. Claro está que cuando el conductor suelta el acelerador, la mariposa M se cierra a pesar del resorte E, ya que el del pedal es mucho más fuerte.

Reglajes y calibres.

En la figura 6.40 se diseñan tres vistas exteriores del Solex (la última con el cuerpo separado para ver el interior), de uso muy extendido en automóviles europeos de potencia media. Respecto al descrito en la figura anterior, difiere en que: 1°, no tiene regulador; 2°, el chorrito de gasolina que da la bomba de aceleración no sale al pozo, sino que se inyec-

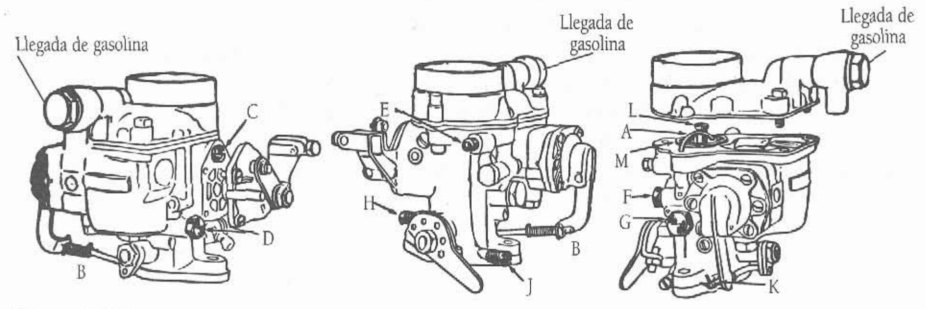


Figura 6.40.

ta en el tubo de admisión por un pitorro independiente A; y 3°, el mando de dicha bomba no es por vacío, sino mecánico: la membrana-pistón es movida mediante una palanca por el acelerador, teniendo enganche elástico B de resorte para que sea la fuerza de éste la que actúe sobre la membrana.

Los calibres exteriores son: C, paso de aire para starter (o dispositivo de arranque en frío); D, calibre de gasolina también para el starter. El calibre de ralentí está dentro del tornillo E; el de la bomba de inyección es F y G el principal. Estos calibres se pueden así desmontar fácilmente para su limpieza.

Los reglajes son: H, tornillo que fija el tope de la mariposa de gases, y por tanto, regula la velocidad de ralentí; y J, el que controla la riqueza de la mezcla. La bomba de aceleración inyecta más o menos gasolina según la fijación del pasador K con arreglo a la estación del año.

Por último, al levantar la tapa se ve en L la entrada primaria de aire (soplador) para hacer la emulsión de gasolina en el surtidor principal; A, es el pitorro por donde sale el chorrito de la bomba de aceleración, y M es el borde del difusor.

Otro modelo de Solex, usado en vehículos pequeños, carece de bomba de aceleración. Sus calibres y reglajes exteriores (Fig.6.41) son: C, calibre de ralentí; D, calibre principal; E, calibre de aire para el arranque (starter); F, calibre de gasolina para lo mismo; G, es el tornillo que gradúa la riqueza de la mezcla en el ralentí; y J, la posición de cierre de la mariposa para ajustar la velocidad del motor en ralentí. El soplador K está un poco más alto que el borde L del difusor. La gasolina llega por M y pasa por la válvula de aguja N a la cuba, cuyo flotador es P.

7.8. Carburador Weber

Existe un modelo Weber de carburador doble, escalonado, bastante empleado en motores de cuatro cilindros europeos (Fíat, Alfa-Romeo, Citroën y Renault, entre otros). El funcionamiento interno como carburador es el mismo que en los modelos de cuerpo único de la misma marca, y semejante a los ya explicados de otras.

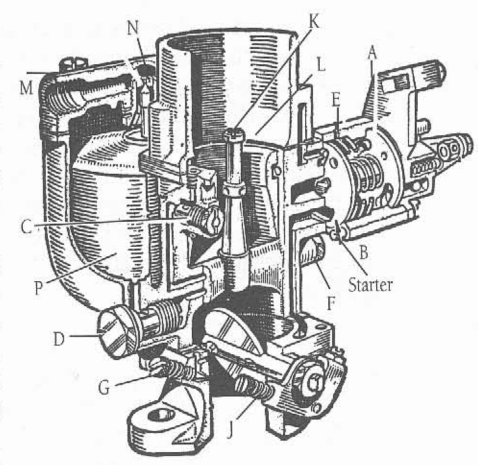
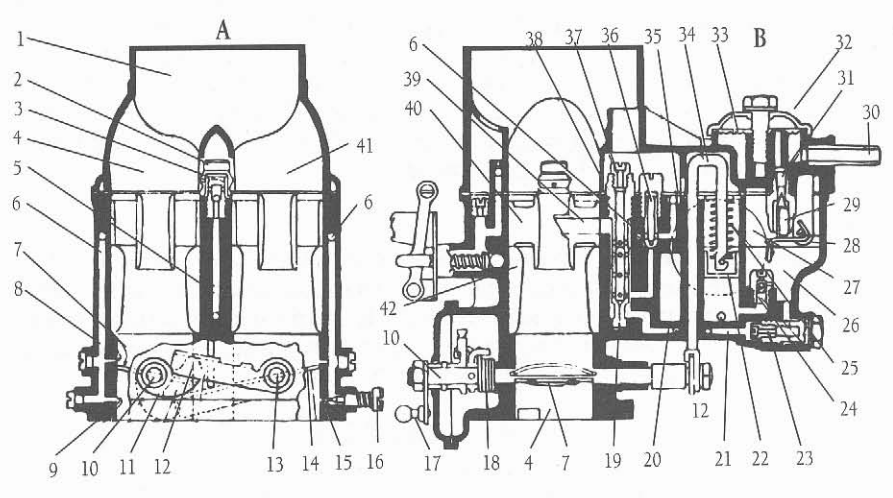
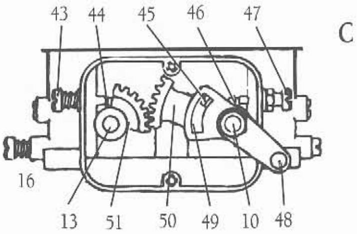


Figura 6.41.

La gasolina llega por 30 (Fig.6.42), pasa por el colador 33 cuya tapa es 32, sigue a la cuba 26 por 31 y válvula de aguja 29 que es accionada por el flotador 27, giratorio en la charnela 28. De la cuba pasa al carburador por el calibre principal 23 y conducto 20 al pozo 38 con soplador 37 y orificios emulsionadores 19. (Obsérvese la similitud de funcionamiento con otras marcas ya explicadas). El aire, que entra por 1 y pasa hacia abajo por ambos cuerpos, la sorbe por surtidores como el 39, que asoman a los pequeños difusores (soportes 40) internos y anteriores a los grandes 42 de cada cuerpo.





A, corte a lo largo de ambos cuerpos, primario 4 y secundario 41.
B, corte a lo ancho (cruzado al anterior por el cuerpo primario 4).
C, mando combinado sucesivo de las mariposas, primaria 7 y secundaria 14.

Figura 6.42.

Mando combinado de las mariposas.

Al pisar el acelerador (el detalle C, está visto por detrás de A) sube la palanca 48, giratoria en el eje 10, abriendo la mariposa 7 del cuerpo principal; el otro extremo tiene una escotadura 49 que, cuando la mariposa ya se ha abierto un cierto ángulo, llega a tropezar con el tetón 45 (posición dibujada en el detalle C) e inicia la bajada del sector dentado 50. Como éste engrana con el 51 de la mariposa secundaria 14, cuyo eje es 13, ésta comienza a abrirse con retraso respecto a la principal, si bien ambas acaban de abrirse del todo al mismo tiempo a causa del distinto radio de los sectores engranados 50 y 51. El ajuste de posición de entrecierre de la segunda mariposa se hace con el tornillo 43 que apoya por 44 en el sector 51. El reglaje de la mariposa principal, para el ralentí, ya se dijo que se hacía con el tornillo 16.

Ralentí.

El aire entra por 35, pasa por los conductos 6 a emulsionarse con la gasolina del calibre de ralentí 36, y sigue a las salidas 9 y 15 de ambos cuerpos, la última con el tornillo de reglaje de riqueza 16. Las salidas 9 y 15 llevan sus dobles, como 8, para hacer progresivo el paso de ralentí a la marcha normal.

Bomba de aceleración.

El eje 10 de la mariposa principal mueve la pieza 11 que, cuando se suelta el acelerador, levanta la 12 y ésta empuja (véase B) la varilla encorvada 34, la cual sube al émbolo 22 comprimiendo el resorte 25. Al subir 22 aspira gasolina de la cuba por la válvula de retención 24, llenándose el cuerpo de bomba. Cuando se pisa el acelerador gira 12, baja 34 y deja libre al pistón 22, el cual, empujado por el resorte 25, envía la gasolina por 21 y 5 a la pequeña válvula de salida 2 que le da paso al pitorro 3, sobre el cuerpo principal. Como se ve, la bomba de aceleración funciona en todo el recorrido del pedal del acelerador; o sea, aunque solo trabaje el cuerpo principal.

Starter.

Los carburadores Weber de un solo cuerpo llevan un starter parecido a los de Solex o Zenith, pero con otra posición más que sirve para obtener una marcha económica cuando el vehículo circula en llano a pocos gases. Los de doble cuerpo, o llevan el starter (sin ese economizador) o un "autostarter" análogo al de Solex en su fundamento (termostato de espiral bimetálica caldeada por el calor de los gases de escape).

7.9. Carburadores Bressel - Weber 32 y 32 DHS 10

Estos carburadores incorporan un sistema de sobrealimentación a la vez que disponen de un mando neumático para la apertura de la mariposa de gases del segundo cuerpo.

El surtidor, análogo exteriormente al de los anteriores carburadores, es doble y cuando la marcha es a alto régimen y plenos gases, por el conducto superior de este surtidor doble se recibe gasolina procedente de un calibre especial, emulsionada con aire y que da origen a la mencionada sobrealimentación.

Una vez que la mariposa del primer cuerpo ha alcanzado un cierto ángulo de apertura, libera al eje de la correspondiente al segundo cuerpo, que estaba hasta este momento retenida por un dispositivo de fijación. Una vez libre, esta segunda mariposa se abre más o menos, dependiendo del vacío existente en el conducto de admisión, ya que éste comunica con un *servomando* (dispositivo de membrana), que regula la apertura.

Hay también un sistema especial para dosificar la admisión de los gases del cárter, que se explica en la figura 6.43. El eje de la mariposa primaria arrastra con un giro al de la válvula A, que pone en comunicación el tubo B, por el que se reciben los gases del cárter, con el conducto de admisión por debajo de dicha mariposa. Cuando esta última está cerrada, una cierta cantidad de estos gases comunica también con la parte inferior de la misma a través del paso calibrado C.

El modelo 32 DHS 10, es exactamente igual al anterior y se distingue, únicamente, en que incorpora un sistema anticontaminante.

En el caso del carburador Weber o del español Bressel-Weber, el aspecto externo del aparato es el mismo en ambos casos, salvo la presencia del tornillo de regulación de ralentí, situado en las inmediaciones del que tienen los carburadores clásicos.

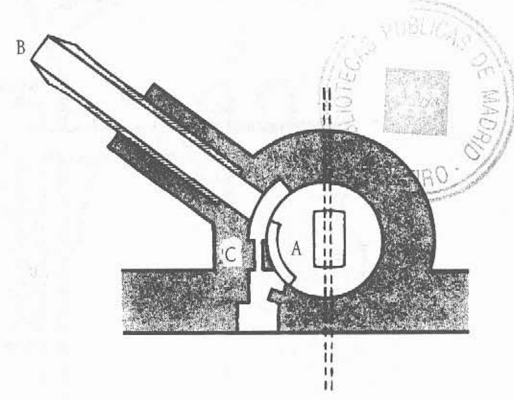


Figura 6.43.

7.10. Carburador Irz

De patente y fabricación españolas, proporciona un funcionamiento tan perfecto y económico como los mejores extranjeros.

El último modelo descendente (Fig.6.44), conserva las características de esta marca, especialmente la chimenea de difusión 7, tubo horizontal con orificios para esparcir mejor, en el difusor D, la emulsión procedente del pozo 21. Es de tipo equilibrado, comunicando la cuba con la admisión 8 por el respiradero 9.

Arranque en frío.

Desde el tablero, un mando de botón y cable hace girar la manecilla 5 que, colocada en la posición de la figura, comunica la aspiración del arranque por 1 y vaciado 4 con la chimenea 7, aspirando la emulsión rica que viene del pozo 21, sin más añadido de aire que el que pueda pasar por los bordes de la mariposa 5 cerrada.

Ralentí.

Arrancado el motor, se gira 5 a su posición intermedia en la que queda fijo por el fijador con muelle 2, que entra en la escotadura 3, quedando aislado el conducto 1, así como el extremo izquierdo de la chimenea 7.

Como en los demás carburadores, la aspiración se ejerce sobre el orificio que regula el tornillo H, atrayendo la emulsión de gasolina procedente del calibre de ralentí 11 y su soplador 10.

Marcha normal.

Abierta J a medios gases, la succión en la chimenea 7 atrae la mezcla que viene del tubo de emulsión 20 (gasolina del pozo 21 y aire de su soplador 12). A medida que se agota la gasolina del pozo disminuye la riqueza de la mezcla, hasta sólo poderse gastar la que pasa por el calibre principal 22.

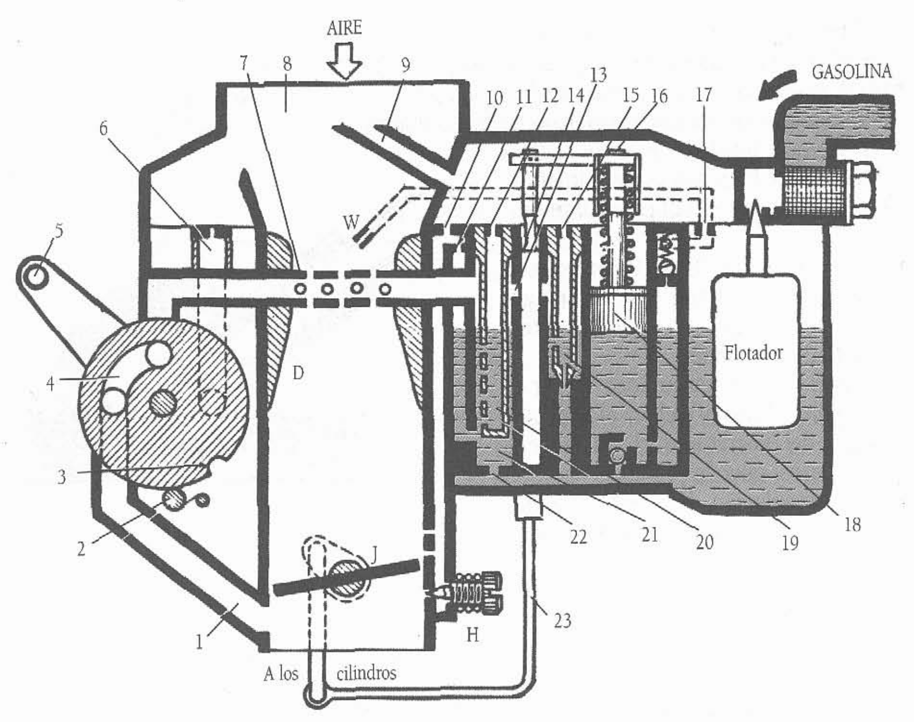


Figura 6.44.

Plenos gases.

Si J se abre del todo, baja el mando 23 de la bomba de aceleración, y la escotadura 14 se coloca frente a los orificios 13, por los que pasa a la chimenea 7 un suplemento de emulsión proporcionado por el calibre de enriquecimiento 19 y su soplador 15. La mezcla para los cilindros tiene la riqueza permanentemente adecuada para obtener la máxima potencia.

Bomba de aceleración.

Para el enriquecimiento momentáneo al pisar el acelerador, la bomba 18 envía por el calibre 17 al pitorro W una dosis suplementaria de combustible, como en los demás carburadores. El mando del pistón 18 se hace por el muelle, puesto que al bajar 23 lo que se oprime es el resorte, cosa que puede hacerse de golpe, y es la fuerza precalculada del muelle la que empuja al pistón más lentamente.

Marcha económica.

Una característica peculiar de este modelo es la posibilidad de restringir el consumo mediante el empuje a fondo del botón del tablero que gira 5, para que el vacío 4 enlace la chimenea 7 por su izquierda con el soplador 6; el aire que por aquí entra rebaja la riqueza de la emulsión normal que viene del pozo a la chimenea. Es un economizador suplementario, que funciona a voluntad del conductor en los casos de marcha tranquila, sin gran carga en llano o en pendientes moderadas.

7.11. Carburador "S.U."

Se ha dicho, al explicar el fundamento de los diferentes carburadores, que si se emplea un surtidor o calibre único, la mezcla se enriquecería en exceso a altas revoluciones de giro del motor, dada la fuerte aspiración que se produce; y que para velocidades de giro más bajas, como la succión es pequeña, la mezcla se haría demasiado pobre.

En todos los carburadores se consigue el equilibrio de la proporción aire-gasolina, mediante la acción del pozo; pero, en el "S.U." se utiliza la misma variación del grado de vacío, producida por la mayor o menor velocidad del motor, para graduar la cantidad de gasolina que sale por un único surtidor.

En la figura 6.45 se representa el esquema de funcionamiento. La gasolina llega de la cuba al surtidor único, por dentro del cual puede deslizarse la aguja (más afilada hacia la punta) que, según esté más o menos metida, cierra más o menos el paso de gasolina por el surtidor calibrado.

La aguja se halla sostenida por un cilindro que a su vez forma parte del disco-pistón deslizante, en un cilindro hueco o campana. El disco lleva un vástago, guiado por el saliente hueco A, con objeto de mantener centrado aquél. La parte superior de la campana comunica por el conducto B con la tubería de admisión.

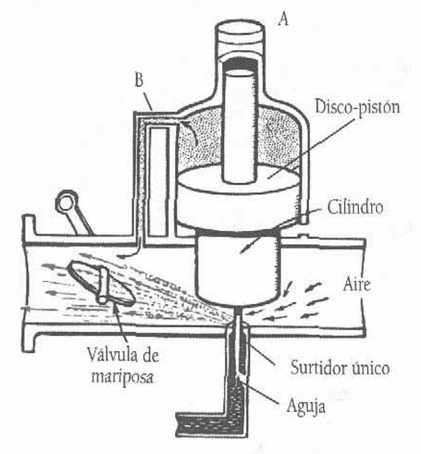


Figura 6.45.

Cuando la velocidad del motor es reducida y, por tanto, la aspiración baja, el disco desciende, con lo que el cilindro obstruye parcialmente el paso del aire a la vez que la aguja reduce la salida de gasolina por el surtidor.

Cuando el motor gira muy de prisa, la fuerte aspiración de los cilindros se comunica por B a la campana y tira hacia arriba del disco; entonces sube el cilindro, el aire entra libremente, y también la aguja, al subir, deja salir algo más de gasolina por el surtidor.

Los efectos compensadores de la válvula de mariposa, del obturador del aire (el cilindro), y de la aguja reguladora de la gasolina, están calculados por el fabricante de modo que para todas las velocidades de giro del motor, se obtiene la mezcla aire-gasolina en la proporción adecuada. El funcionamiento es muy sencillo y automático.

En la figura 6.46, se representa el corte real de un carburador "S.U". La tubería de admisión en vez de ir de derecha a izquierda, como en la figura anterior, va aquí desde los ojos del lector hacia detrás del papel. Dentro de la campana va el disco-pistón con su cilindro, que lleva colgada y sujeta la aguja, la cual se desliza por dentro del surtidor. El portasurtidor tiene dos juntas elásticas A para asegurar el cierre hermético a pesar de los movimientos, pues para enriquecer la mezcla en el momento de arrancar el motor frío se actúa sobre las palancas BB de modo que baje al surtidor, con lo que su boca desciende con relación a la aguja y el paso de gasolina se hace mayor.

En algunos modelos se dispone un economizador; esta pieza comunica con la parte alta de la cuba por un pequeño orificio C con el aire libre y, por el lado opuesto, el tubito encorvado que sale de ella va a parar al tubo del carburador, cerca del sitio donde se apoya la mariposa de gases ce-

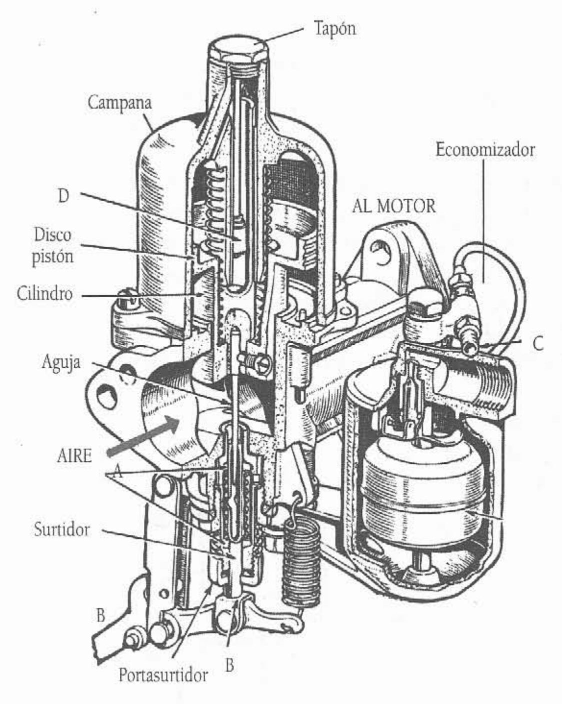


Figura 6.46.

rrada, pero del lado de la entrada de la mezcla. Cuando el acelerador está suelto o pisado a fondo (mariposa cerrada o abierta del todo), la depresión o vacío de admisión es tan reducida que no ejerce influencia, y en la cuba reina la presión atmosférica que llega por C, pero cuando la mariposa está ligeramente abierta, hasta medios gases, que es cuando el vehículo va ligero sin esforzar el motor, el vacío es fuerte y al llegar por el tubito encorvado al economizador puede más la presión exterior que entra por el minúsculo orificio C, de modo que en la cuba se hace una pequeña depresión que frena ligeramente el paso de la gasolina al pozo del portasurtidor, baja su nivel en el surtidor y se empobrece adecuadamente la mezcla.

Por el orifico que cierra el tapón se echa aceite fluido (SAE-20) para que lubrique las piezas en movimiento y, obligado a pasar de uno a otro lado del émbolo perforado D, frene y amortigüe las subidas y bajadas del conjunto cilindro-disco.

El reglaje de ralentí se realiza actuando en el cierre más o menos total de la mariposa de gases, como en todos los carburadores; pero el ajuste para marcha normal (que los demás no lo tienen, salvo el cárter de aguja) se hace con una tuerca, que fija la posición del surtidor con relación a la aguja.

Este típico carburador ha sido usado por buena parte de los automóviles británicos (Rolls-Royce, Jaguar, grupo BMC, etc.). Su marca "S.U", procede del apellido del inventor y la sociedad que lo fabricó (Skinner United).

8. CARBURADORES ANTICONTAMINANTES

La explicación dada, anteriormente, para cualquiera de los modelos descritos, es válida con pequeñas variantes para el funcionamiento de un carburador anticontaminante.

La esencia del mecanismo anticontaminante reside en la imposibilidad de alterar el régimen de marcha, actuando sobre un tornillo de regulación de apertura de la mariposa de gases, y en mantener en todo momento una riqueza de la mezcla tal que no se desperdicie gasolina. Es sabido que un exceso de combustible perjudica, además de la economía, al buen funcionamiento del motor, ensuciándolo, dificultando la lubricación del mismo (al diluir el aceite de engrase) y además provoca la contaminación del ambiente, por la presencia de gran cantidad de gases, que no se han quemado totalmente (aumenta la proporción de CO, monóxido de carbono venenoso). Al tratar de reducir la contaminación creada por el escape del motor se beneficia automáticamente éste.

La combustión es especialmente incompleta, durante la marcha al ralentí, que se regula en los carburadores tradicionales, según ya se ha visto, por la acción del tornillo de punta de aguja de regulación de la mezcla, y de otro tornillo que limita el recorrido de la mariposa de gases, dejando a ésta entreabierta.

En los carburadores anticontaminantes esta pequeña abertura de la mariposa de gases está fijada de antemano por el fabricante y el tornillo de regulación precintado, a fin de que no se actúe sobre él. De esta forma no es posible regular la velocidad de marcha en ralentí con intervención del surtidor de alta velocidad que proporcionaría un exceso de combustible no quemado. La regulación se hace exclusivamente variando la riqueza de la mezcla de ralentí y la cantidad de la misma, mediante dos tornillos de punta de aguja, que permiten ajustar ésta al valor más conveniente. Por otra parte se limita también, con este sistema, el enriquecimiento progresivo de la mezcla debido al surtidor de ralentí.

9. AVANCES TÉCNICOS

9.1. Amortiguador para el cierre de la mariposa de gases

En los carburadores sencillos aplicados a motores de poca potencia puede ocurrir que, al soltar el acelerador de golpe para frenar y luego desembragar, el motor se encuentre de repente sin gases y se cale. Para evitarlo, algunos vehículos disponen de un freno o amortiguador hidroneumático (Fig.6.47) que cierra lentamente la mariposa de gases al levantar el pie del acelerador A, pues el eje B de la mariposa gira a la palanquilla P que empuja por C un pistón en el cilindro E lleno de aceite; éste, combinado con la cámara de aire equilibradora D, contiene el súbito cierre de B, dando lugar al regreso normal del motor al ralentí. La carrera del pistón amortiguador es la distancia R.

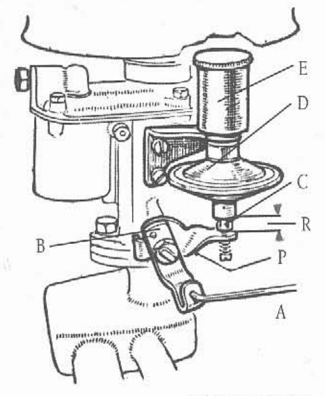


Figura 6.47.

9.2. Admisión con resonancia

En 1960 se empezaron a usar tubos individuales para cada cilindro, que les llevaba la mezcla desde el carburador.

Se pretendía de esta forma aprovechar un efecto llamado *resonancia*, que consigue una mejor alimentación, o más completo llenado de los cilindros del motor. Algo parecido a lo que se consigue en algunos automóviles deportivos o de competición, mediante la incorporación de un compresor. Los efectos conseguidos son menores que en este último caso, para grandes potencias, pero no exige ningún elemento adicional. Por otra parte el compresor no es siempre de utilidad ni susceptible de aplicarse en el caso de pequeñas y medianas potencias.

El aprovechamiento de la resonancia se impone cada día más en los automóviles actuales.

Para comprender este fenómeno se podría equiparar al llamado "golpe de ariete", que se presenta en las conducciones de agua. Ambos son fenómenos vibratorios, en el primer caso de los gases de admisión de un motor y en el segundo de una columna de agua.

Las continuas succiones que efectúan los pistones del motor durante las carreras de admisión se ven "gobernadas" por las repentinas aperturas y cierres de las válvulas de admi-

sión y, debido a ello, los gases se ven sometidos a pulsaciones, o lo que es lo mismo, a un movimiento vibratorio. Si la longitud, el diámetro y las curvaturas de los tubos están bien conjugadas por el fabricante, se consigue que a determinado régimen de marcha del motor (el más interesante, por ejemplo, entre 1.800 y 3.000 rpm) el fenómeno vibratorio se aproveche rítmicamente, consiguiendo que los gases entren con mayor velocidad (presión superior a la atmosférica) y con ello el mejor llenado de los cilindros.

Si a este efecto se añade la mayor amplitud de "paso" que proporcionan los tubos independientes puede conseguirse un aumento de potencia superior a un 10 por 100.

La figura 6.48 señala la admisión "Sobo-Ramic" en motores de seis cilindros del grupo Chrysler. Del carburador parten los seis tubos, uno por cilindro, de sección proporcionada a la longitud. El resto de los elementos señalados es: A, el tapón de llenado de aceite para el cárter del motor, por encima de la tapa de balancines para facilitar la operación; B, el tubo de ventilación de la cámara de balancines; C, el mango de la varilla para medir el nivel de aceite en el cárter; y D, el distribuidor del encendido.

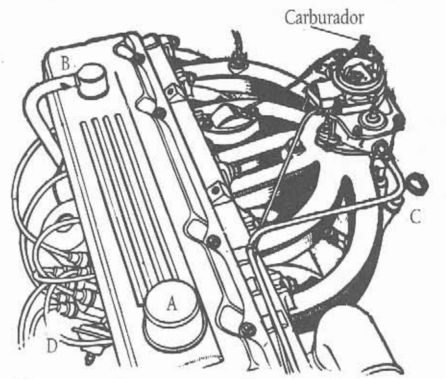


Figura 6.48.

Parecida disposición se puede apreciar en la figura 7.1 (motores de seis cilindros Mercedes).

En la figura 6.49, un motor de ocho cilindros en V, es alimentado por dos carburadores bien alejados entre sí para que los tubos independientes A de alimentación de cilindros alcancen la longitud conveniente: el 1 surte de mezcla al bloque izquierdo B por cuatro tubos como el A; el 2, por los tubos C alimenta al bloque D. El cilindro que se ve en B muestra su válvula de admisión, y el de D la de escape; con estos gases se caldea la mezcla de la siguiente manera: E, es el termostato que acciona la válvula de mariposa (como la F en el otro bloque) para dar paso directo por G y vuelta por H a caldear la mezcla en el paso de los carburadores a los tubos C y A.

9.3. Calefacción de la mezcla

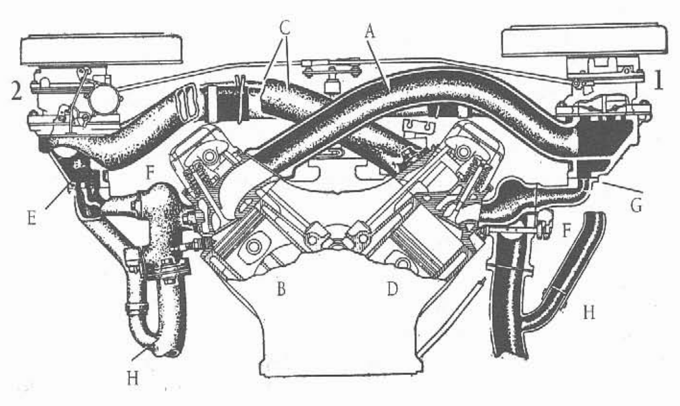


Figura 6.49.

La mezcla suministrada por el carburador conviene calentarla para que la gasolina pulverizada se vaporice, haciéndose la niebla más fina, homogénea y explosiva. Un exceso de caldeo tampoco es bueno, porque los gases cuanto más calientes, más dilatados están, y los cilindros se llenarán de poca cantidad en peso de mezcla

explosiva, obteniéndose poca potencia de la cilindrada del motor.

En marcha normal la temperatura del motor y la posición relativa del ardiente colector de escape y del más frío de admisión, consiguen dar a éste el calor más conveniente calculado por el constructor. En cambio, en los momentos del arranque, tiende a condensarse la gasolina de la mezcla sobre las paredes frías del colector de entrada. Para compensarlo, ya se dijo como enriquecer la mezcla; pero con objeto de no derrochar combustible, con sus secuelas de lavado y adelgazamiento del aceite, y para llegar rápidamente al régimen normal, se recurre a una calefacción de la mezcla durante el tiempo que tarda en establecerse el calculado equilibrio de temperaturas.

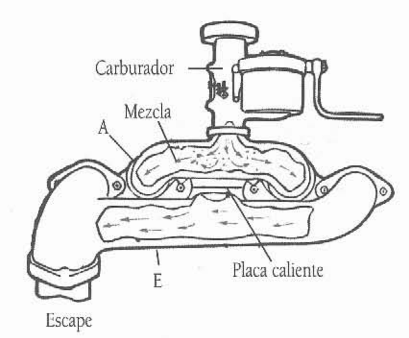


Figura 6.50.

La solución más extendida es la de "placa caliente" (Fig.6.50), donde la corriente de gases provenientes del carburador incide sobre la placa de contacto entre los colectores de admisión A y de escape E cuyos gases, casi inflamados todavía, la mantienen muy caliente.

Si esta disposición fuera permanente, habría de calentar despacio al principio para no ser excesiva luego; pero como conviene que el tránsito sea rápido, debe poderse prescindir pronto de tal calefacción, cosa que se consigue (Fig.6.51) mediante una válvula A. El colector de admisión, que trae la mezcla desde el carburador, pasa por dentro de un ensanchamiento del colector de escape B. Durante el periodo de caldeo, la válvula en C (líneas y flechas llenas) canaliza el escape alrededor del colector de admisión, calentando enérgicamente la mezcla. En cuanto el motor alcanzó su temperatura normal, se cambia la válvula de la posición C a la D, para que los gases de escape sigan ahora la flecha de puntos, sin contacto con el colector de admisión.

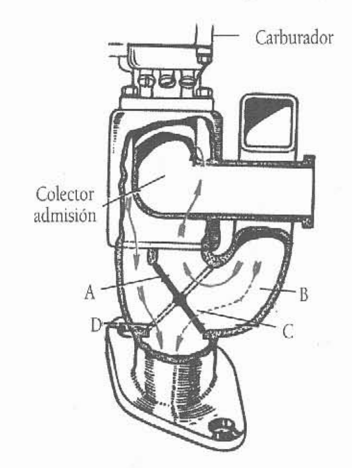


Figura 6.51.

El mando de la válvula A puede hacerse a mano, desde el tablero; pero lo corriente es que la accione automáticamente un termostato. En ambos casos, y para prevenir un agarrotamiento que la dejase fija como en C (exceso de calor, que es perjudicial) o como en D (inactiva en el arranque), su eje suele asomar al exterior (Fig.6.52) con un pequeño manubrio de contrapeso que, con el motor frío, debe estar en su posición más baja, movido con el dedo girará libremente y al soltarlo caerá por sí mismo. Si en marcha normal se nota poca potencia en el motor, se comprueba que la válvula está bien mirando el contrapeso, que estará levantado

El agarrotamiento del eje no debe corregirse con aceite, que se quemará formando carbonilla, dificultando aún más el giro, sino con unas gotas de petróleo y girándolo a mano, en uno y otro sentido.

En la figura 6.49 se ven, a derecha e izquierda, dos cortes de la calefacción de carburadores, con termostato E, válvula F y codo G para desvío de los gases de escape, cuando se usan para calentar la mezcla.

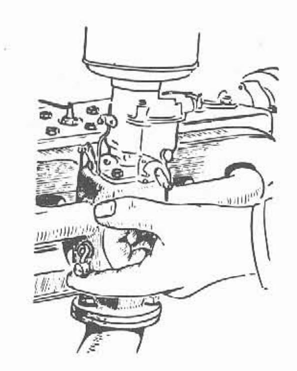


Figura 6.52.

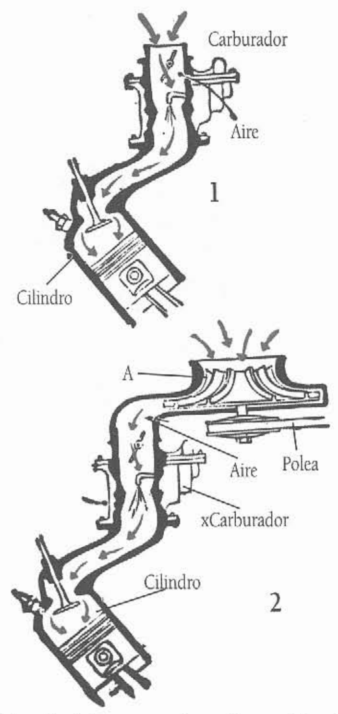
9.4. Compresores

La alimentación corriente del motor se hace (Fig.6.53-1) por la fuerza de la presión atmosférica que empuja el aire y la gasolina del carburador a rellenar el vacío causado por la aspiración de los cilindros. El llenado de gases es suficiente para un perfecto funcionamiento, como la práctica demuestra; pero, puede forzarse la entrada de la mezcla mediante un compresor colocado generalmente antes del carburador (Fig.6.53-2). En realidad, si los gases frescos que entran a cada "pistonada" de aspiración se quedaran a la presión atmosférica, ocuparían sólo los dos tercios de la cilindrada; lo que se quiere remediar con los compresores es este fallo de "respiración", metiendo la mezcla en los cilindros a una ligera sobrepresión (de un cuarto a medio kilo). Como en la carrera de compresión ésta se eleva bastante, hacen falta combustibles con alto número de octano, y el motor tiene que ser robusto para resistir, sin un rápido desgaste, el aumento de esfuerzos.

El efecto equivale a un aumento de capacidad del motor, puesto que entra mayor cantidad de gases; el aumento de potencia conseguido oscila entre el 25 y el 50 por 100.

El tipo centrífugo A de la figura 6.53-2, movido por correa y polea desde el cigüeñal, aspira enérgicamente el aire, que empuja hacia el carburador y cilindros.

Otro tipo de compresor es el Roots (Fig.6.54), muy usado en aviación para varias aplicaciones, como mantener la presión normal en las cabinas de pasajeros durante los vuelos a gran altura. Está compuesto por dos rotores en forma de ocho que, enlazados por un engranaje, giran en sentido contrario dentro de un cárter ajustado, y que estando siempre en contacto toman el aire por A y lo impulsan comprimido por B. El movimiento lo puede recibir por engranaje o por correa, desde el cigüeñal.



Colocación del compresor de mezcla antes del carburador

Figura 6.53.

El compresor de paletas, que es más antiguo, es idéntico en principio a la bomba de aceite explicada en la figura 3.12.

La figura 6.55 muestra el caso de un compresor Roots montado entre el carburador y las válvulas de admisión; la succión en el carburador aumenta notablemente, y por ello, surtidor y difusores son mayores que si el motor no llevase compresor. En estos casos suele colocarse una válvula de seguridad para dar salida a las explosiones al carburador, que ahora tiene el paso cortado por los rotores.

La velocidad de rotación de éstos, es de vez y media a tres veces la del motor y su acción es mucho más sensible cuando el motor gira de prisa; entonces el incremento de potencia al entrar en acción se nota poderosamente.

El consumo de gasolina es bastante más elevado. Como los rotores y las paletas necesitan lubricación, se mezcla aceite con el combustible en la proporción aproximada de un litro por cada 60 de gasolina, o se provee de un engrase especial, a presión o por goteo.

El batido de los gases que produce el compresor hace la mezcla más homogénea, atomizando el combustible.

El perfeccionamiento de los motores corrientes, con el notable aumento conseguido en la potencia por litro de cilindrada, así como las dificultades puestas a los compresores en las competiciones deportivas (que eran su principal campo de aplicación y donde ahora se considera como de doble cilindrada o más a los motores provistos de ellos), fue la causa de abandonar el uso de los compresores, aunque actualmente se sigue contando con ellos.

Como se verá más adelante, también se usan en algunos motores utilitarios diesel de dos tiempos.

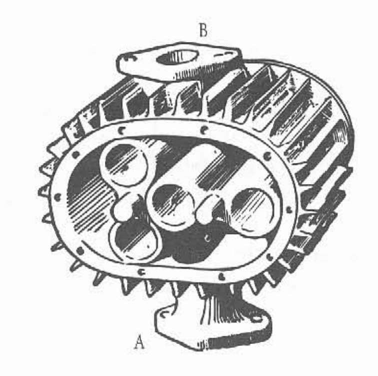


Figura 6.54.

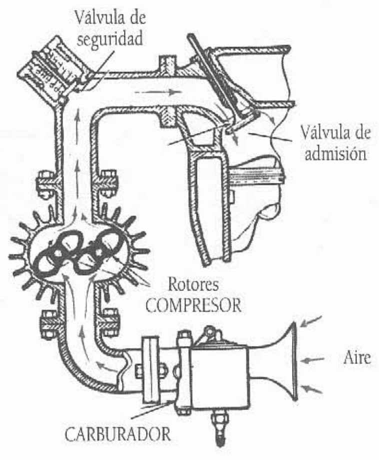


Figura 6.55.

10. AVERÍAS EN LA CARBURACIÓN

Reglajes

En los carburadores que vienen usándose desde hace bastantes años, los únicos reglajes normales, a cargo del conductor, son el ralentí y el estacional de la bomba de aceleración (si lo hay).

El reglaje de ralentí.

Se hace actuando sobre los dos tornillos clásicos que traen todos los carburadores: el de riqueza de la mezcla (A, en la figura 6.27 y G, en la 6.41), y el de velocidad de giro (B y J en las mismas figuras, que se citan como ejemplo).

En el supuesto de que el motor no tenga defectos de otra clase, y que esté funcionando en caliente, se actúa de la siguiente manera: primero, se afloja el tornillo de riqueza hasta que el motor comience a "galopar" (marcha a impulsos entre ligeras pausas); luego, se afloja o aprieta el de velocidad para que el motor gire a su marcha de ralentí. Después se cierra el primero muy lentamente, hasta que el giro sea muy regular (redondo); nunca debe apretarse a fondo. Si resultara un ralentí rápido, se vuelve a actuar, empezando por apretar un poco el de velocidad hasta que el motor "galope", ahora más despacio; y otra vez se cierra muy despacio el de riqueza para conseguir el giro bien redondo y regular.

En épocas frías, el ralentí debe ser un poco más vivo que en el verano.

El reglaje de la bomba de aceleración.

Consiste en fijar el extremo de su vástago de mando, al orificio D y K de las figuras 6.27 y 6.40, respectivamente, según corresponda a la estación del año. En tiempo caluroso debe ser el que dé menos recorrido al pistón de la bomba; en época fría, el de mayor suministro.

Actuación sobre los calibres.

Algunos carburadores tienen un mando que actúa sobre la cantidad de gasolina que puede pasar por el surtidor principal, de modo que en tiempo o motor frío, pueda ser ligeramente superior a las épocas templadas o calurosas.

El resto del carburador viene de fábrica con los calibres y difusores más convenientes para la marcha normal del vehículo al que se aplica. Es posible conseguir algo más de potencia, especialmente en invierno, cambiando el calibre principal por el del número siguiente (siempre usando piezas nuevas y originales, ya que las "piratas" pueden estar mal calibradas); por el contrario, si se busca economía en el consumo, sobre todo en verano, y cuando no se pretenden aceleraciones brillantes, ni grandes velocidades, se puede cambiar por el del número inmediato inferior. No se debe abusar ni en uno ni en otro sentido, porque se presentarían los inconvenientes de las mezclas ricas o pobres, respectivamente, que a la larga son contraproducentes y resultan costosas para la conservación del motor.

Averías en el sistema de alimentación y carburación

Figura 6.56.

Averías

En la figura 6.56, se presenta completo el sistema de alimentación-carburación, desde el depósito de gasolina al colector de admisión. Al describir sucesivamente sus averías, aunque se detallen con grabado propio, conviene referirlas a este dibujo de conjunto, para darse cuenta mejor de la posición relativa de los elementos componentes.

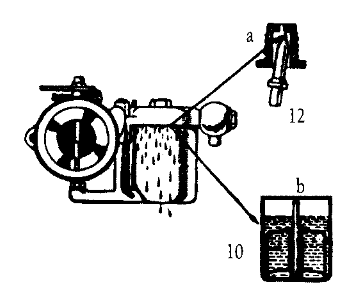


Figura 6.57.

Las incidencias que suelen presentarse son las siguientes:

- SÍNTOMA. Exceso de gasolina en el carburador
• Causas:
1ª. El carburador se desborda (Fig,s.6.56 y 6.57).

Puede ser debido: a) Que la válvula de aguja no aplica bien contra su asiento por haberse interpuesto alguna suciedad o haberse torcido: se limpia y repasa; b) La boya está perforada y, al llenarse de gasolina, se va al fondo de la cuba. Una reparación provisional puede hacerse buscando la picadura o fisura por donde se llenó el flotador. Si a simple vista no se encuentra, métase la boya en un recipiente lleno de agua caliente, al calentarse el aire que tenga en su interior, se dilatará, saliendo en forma de burbujas por el orificio buscado. Entonces, se abre otro agujero en el lado opuesto, y será más fácil vaciar el líquido que tenga dentro. Después y estando frío el flotador, se taponan ambas orificios con jabón y se podrá continuar el viaje, circunstancialmente, hasta poder reparar o reponer la boya. La reparación es una operación delicada que sólo se puede hacer ante una emergencia, pues debe dejarse el flotador con el mismo peso que tenía antes de estropearse. En general, es preferible poner uno nuevo.

Con alimentación por gravedad, debe cerrarse la llave de paso A (Fig.6.58) siempre que el vehículo vaya a estar parado o se encierre en el garaje. El rebose del carburador, origina la pérdida de gasolina con peligro de incendio.

Esta avería se nota en marcha porque, si el carburador se inunda, es que el nivel ha subido demasiado en la cuba, con lo que la mezcla es demasiado rica y el motor se ahoga y da menos potencia. Además, la gasolina que se desborda, con el cálido ambiente que hay bajo el capó, se hace notar por su olor.

Si la alimentación es por nodriza, véase la causa de avería 11.

- SÍNTOMA. Falta de gasolina

En marcha, se nota que hay falta de alimentación de gasolina porque: el motor se debilita de repente, frenando la marcha con intermitencias, y a veces se oyen explosiones al carburador. Además de desmontar la bomba o el carburador, conviene diferenciar esta avería de falta de alimentación, de otra que ofrece síntomas análogos, y es el "autoencendido".

Para ello, se circula un tiempo a plenos gases hasta que se repitan netamente los síntomas citados, y entonces se corta el encendido; si las explosiones al carburador siguen unos momentos, la culpa es del autoencendido, casi siempre producido por una bujía demasiado caliente que inflama la mezcla, al entrar en el cilindro, antes de tiempo. Si se comprueba que las explosiones al carburador cesan siempre al cortar el encendido, la causa será la falta de alimentación, procediendo en este caso, a comprobar la bomba, el carburador y las tuberías.

• Causas:

2ª. El depósito está vacío.

Si el vehículo no tiene indicador de reserva, es prudente no apurar el depósito.

3ª. El agujero de respiro 2 del depósito está obstruido (Fig,s 6.56 y 6.58).

Tanto, que la alimentación al carburador, sea por gravedad, por nodriza, o por bomba aspirante, no se producirá. El tapón de llenado del depósito (o en otro sitio del depósito) debe tener un pequeño orificio por donde entre aire a medida que se gasta la gasolina. Si se obstruye, ésta no saldrá.

En caso de pérdida del tapón, debe remplazarse por otro, igualmente, roscado. Jamás se debe poner un tapón de corcho o de trapos, porque además de que se cae fácilmente, en caso de accidente existe el grave peligro de que se produzca un incendio o explosión.

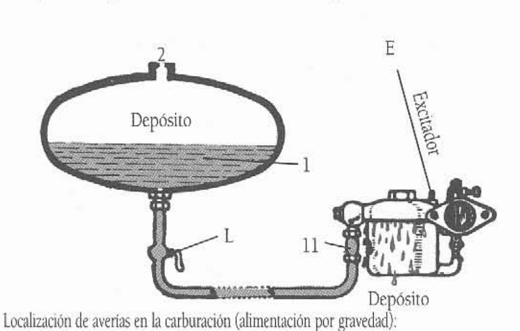
La cuba de los carburadores no equilibrados, lleva en la tapa o en sus proximidades un pequeño agujero de respiro, que hay que comprobar, de vez en cuando, que no está obstruido.

4ª. La llave de paso de la gasolina está cerrada.

Se debe de comprobar en el caso de que el sistema de alimentación sea por gravedad.

5ª. Los calibres y conductos están obstruidos.

Si el carburador no es del tipo equilibrado, y existe un excitador (Fig.6.58), se debe pulsar éste para inundar el carburador. Si la gasolina llega a la cuba, como debe suceder, seguramente la avería consistirá (Fig.6.56) en que los calibres 9 y 14 están obstruidos. Se limpian soplando con fuerza (Fig.6.59), nunca con un alfiler o alambre, que podrían falsear el calibre, modificando el reglaje del carburador. También debe limpiarse la cuba completa con gasolina, para quitar el agua y barro que suele depositarse en el fondo de ella, y que pueden ser la causa de esta avería. Si el estado de limpieza de la gasolina con la que se va a repostar no es de fiar, conviene colocar en el embudo una gamuza limpia y seca; pues, filtra perfectamente y no deja pasar el agua.



Localización de averías en la carburación (alimentación por gravedad):
Figura 6.58.

Si el carburador no se inunda, se debe comprobar que la gasolina llega a la cuba. Para ello (Fig.6.58), se desempalma el tubo de cobre que viene del depósito alto o de la nodriza, y si sale la gasolina habrá que limpiar la cuba y sus conductos de entrada, fijándose en que la válvula de aguja no esté pegada en su asiento, impidiendo el paso de combustible. Se debe limpiar el filtro 11 de entrada a la cuba.


Figura 6.59.

Si no hay excitador, como es lo corriente ahora, habrá que desempalmar el tubo de entrada de gasolina al carburador 11 (Fig.6.56); en este caso, se ceba en la bomba de alimentación con la palanca de mano o, si no la tiene, se da varias vueltas al motor con el arranque. Si llega gasolina, la avería está en el carburador, y habrán de sacarse los calibres para su limpieza, extendiéndose la misma a la cuba y filtro de entrada. En caso de que no llegue gasolina, la causa estará hacia atrás; es decir, en la bomba o en las tuberías.

Para disminuir las probabilidades de que la gasolina contenga agua, es recomendable tener siempre, más o menos, lleno el depósito; pues, cuanto menos combustible haya en el mismo, más aire contendrá, y el vapor de agua que lleva será mayor, existiendo más superficie libre en las paredes internas, donde se condensará aquél, para caer en forma de gotas a ensuciar y degradar la calidad de la gasolina.

6ª. Las bombas mecánicas.

No suelen presentar averías, son fáciles de desmontar del motor, y sencillas de desarmar (cuidado con la junta de la figura 5.6); no obstante, se pueden presentar las siguientes anomalías: que tenga tomas de aire, fáciles de corregir, en la junta de corcho del filtro de entrada; se pueden obstruir (Fig.6.56) las válvulas 5 y 6 o romperse sus resortes (basta, con limpiarlas o cambiarlos por otros de igual o menor fuerza, pero nunca mayor); puede ensuciarse el filtro 4; la bomba puede perder por las juntas, cosa fácil de arreglar con un producto hermético o una junta nueva; o bien (y esto es lo más probable) la membrana 3 puede haberse picado o roto, en cuyo caso hay que cambiarla por otra nueva con cuidado, para evitar que queden tensiones parciales que romperían rápidamente la nueva membrana.

La rotura del resorte 7 de la membrana es muy problemática; pero, en caso de que ocurra, se debe sustituir por otro exactamente de la misma fuerza, para no alterar el impulso de la gasolina, que está equilibrado con la fuerza del flotador de la cuba. La rotura del resorte que apoya el brazo acodado sobre la excéntrica, tiene poca importancia y puede sustituirse sin las precauciones citadas, indispensables en las válvulas y membrana.

Una vez revisada la bomba, para comprobar el funcionamiento antes de montarla, se unen unos tubos de goma A (Fig.6.60) a la entrada B y salida C de la bomba, de modo que, al mover la palanca, el tubo de entrada B esté sumergido en la gasolina del vaso y pueda aspirar; si el estado es bueno, al cabo de unos cuantos impulsos saldrá el combustible por el tubo C.

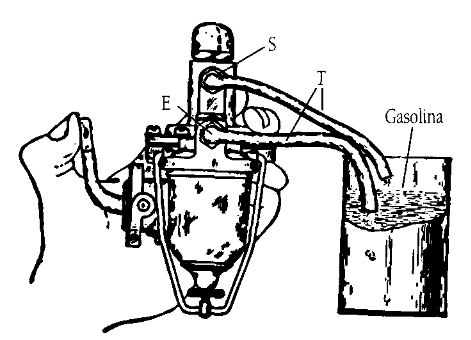


Figura 6.60.

7ª. El vapor-lock.

Un contratiempo que fue característico de las bombas era que por su proximidad al motor, el vapor de gasolina producido por el calor taponaba la canalización (vapor-lock), impidiendo o dificultando el transporte del líquido. Esta anomalía puede tener lugar no solo en el verano, sino también cuando el motor se recalienta, haciéndose muchas veces ostensible después de un cierto recorrido a plenos gases, y desapareciendo cuando el motor se enfría. Si se presenta esta avería, que puede preverse si la tubería de conducción de gasolina está muy cerca de la de escape, se atenuará y seguramente no volverá a ocurrir envolviendo aquélla con una materia refractaria al calor, como un tejido o cinta de amianto.

8ª. Las bombas eléctricas.

Con este tipo de bombas el inconveniente anterior no se presenta, puesto que pueden situarse en cualquier punto del chasis, de forma que no les afecte el calor del motor. Con estas bombas, caso de producirse una avería, antes de desmontar el aparato conviene cerciorarse de que la causa no radica en la instalación eléctrica, por lo que se desconecta el cable que lleva la corriente y se pone a masa, a través de una bombilla de repuesto o con

un hilo de fusible; si aquélla no se enciende o éste no se funde, se debe revisar el conductor que trae la corriente desde la batería. Si, por el contrario, luce o se funde, la avería está en la bomba (válvulas, membranas, etc.), aunque lo más probable es que la causa sea suciedad de los contactos del ruptor, el cuál se limpiará como más adelante se explica, para los del encendido.

9ª. Bomba o carburador averiados.

Si por cualquier circunstancia no se puede arreglar la avería de la bomba o del carburador y éste es de tiro descendente, hay "un recurso curioso pero muy chapucero", que permite continuar la marcha despacio y mal, hasta el primer taller (si no está muy lejos): se quita el filtro de aire y se sujeta encima del colector de admisión una botella de gasolina, boca a bajo, con un tapón cuentagotas, graduando éste por tanteos, de manera que con la trepidación de la marcha equivale a un carburador muy rudimentario, que lleva consigo el tener que cambiar el aceite del motor cuando se repare la avería

10ª. Tuberías.

Una tubería obstruida se limpia, desempalmándola por sus extremos, e inyectando aire a presión. Si tiene los racores de empalme flojos, se aprietan; y si hacen mal asiento o hay fisuras en el tubo por donde entre aire indebidamente, se taponan con jabón o cinta aislante, y siempre de forma provisional.

11ª. Alimentación por nodriza.

En este caso, la avería puede radicar en alguna de las siguientes causas: a) Nodriza descebada por circular mucho tiempo con el motor girando despacio y pisando a fondo, por ejemplo, al subir una pendiente prolongada; en este caso, hay que echarle gasolina a mano; b) Si acabada ésta, el motor se para, véase si el tubito alto de entrada de aire está obstruido, o el tubo de vacío roto o con empalmes flojos. Si la avería resulta estar dentro del aparato, hay que mirar si las válvulas asientan bien (pueden estar sucias) y si gobiernan, por los resortes, al mando del flotador de la nodriza, el cual a su vez puede haberse perforado (arreglo como el de la boya del carburador).

12ª. Alimentación por bomba a presión.

Deben revisarse los órganos de ésta, en caso de no conseguir presión después de repasar las tuberías y el depósito, y comprobar que no hay fugas.

Suele ser una bomba sumamente sencilla, de fácil inspección, que manda aire comprimido al depósito, de modo que la presión de aquél empuja la gasolina hacia el carburador. Hay que comprobar que la fuga de aire no procede del limitador de presión, que suele ir montado en una derivación de la tubería de ida al depósito, y que tiene por objeto evitar un exceso de presión en éste.

Otras averías

13ª. El estrangulador de aire.

Si el resorte que lo mantiene abierto normalmente, o el cable o varillaje de mando se han roto o funcionan mal, puede haberse cerrado aquél, impidiendo el correcto funcionamiento del carburador, lo que también sucede si inadvertidamente se cerró el estrangulador estando el motor caliente.

Algo parecido ocurre cuando se usa para el aire un filtro de papel y éste se ensucia demasiado, por descuido en la limpieza o renovación del mismo, o bien porque se circula en ambientes polvorientos que tupen prematuramente el filtro. Cada vez pasará menos aire y la mezcla se irá enriqueciendo hasta hacer perder potencia al motor, con aumento en el consumo de gasolina; además, el aceite habrá de renovarse antes por excesiva dilución.

En los filtros húmedos, este hecho no ocurre tan acentuadamente.

14ª. Depósito picado o roto.

Ante una emergencia de fisura o picadura en el depósito de gasolina, con pérdida de combustible, conviene hacer una reparación inmediata, aunque sólo sea un ligero goteo el que se produzca, por el peligro de incendio que se corre. Si no basta con taponar con jabón y cinta aislante, hasta llegar al taller más próximo, se puede recurrir a agrandar el agujero, redondeándolo, y meterle forzado un tapón de corcho o mejor de goma, que se sujeta con un vendaje, o bien se aprieta contra los bordes mediante un tornillo que se mete por el centro, para que dilate el tapón hacia los costados.

La reparación definitiva del depósito requiera desmontarlo del vehículo, vaciarlo y secarlo totalmente, para evitar un accidente al acercar la llama de un soplete o el soldador, pues incluso este último, con su calor, incendia partículas que, al quemarse, dan una mínima pero suficiente llama, para hacer explotar el depósito. Análogas precauciones se deben tomar al reparar las tuberías por donde circula la gasolina.

15ª. Rotura, en marcha, del mando de la mariposa de gases.

Si al ir circulando, se desarma o deteriora el mando de palancas y varillas que van desde el acelerador hasta la mariposa, el motor no obedecerá al acelerador. Si se embala, lo primero que hay que hacer es cortar el encendido para pararlo, y después se busca y arregla la avería.

16ª. El motor "petardea".

Cuando se baja una cuesta con el acelerador suelto, es decir, sin gases, suelen oírse explosiones en el escape (el motor "petardea"). Son debidas a que los cilindros son alimentados solamente por la mezcla de ralentí, ya de por sí bastante rica, y que se enriquece más porque al girar el motor de prisa, la aspiración es mucho más fuerte y la mezcla ya se dijo que tendía a enriquecerse. Como las mezclas demasiado ricas no tienen en el cilindro bastante aire, éstas terminan de explotar al salir por el silencioso y entrar en contacto con el aire exterior, a través de fisuras en el colector de escape, sus juntas, tubos o silenciador, por las que entra aire a acabar de hacer arder la mezcla.

Si el petardeo es eventual, no tiene importancia, pero si es muy insistente deben revisarse los puntos citados, en busca de entradas de aire, o bien empobrecer un poco el ralentí haciendo el reglaje explicado.

Una señal indicativa de que la mezcla es demasiado rica, es comprobar, que con el vehículo parado y el motor caliente en ralentí, no salen humos negros por el escape.

Si el petardeo se produce circulando normalmente, en cualquier situación, puede obedecer a alguna de las siguientes causas: a) falta de holgura en el taqué de una válvula de escape; b) mal asiento de una válvula de escape, que necesitará un esmerilado o rectificado bien hecho; c) encendido demasiado retrasado, que a gran velocidad de giro del motor puede producirse por exceso de holgura en la cabeza del delco; d) una bujía falla y la mezcla de su cilindro pasa al escape sin haberse quemado.

- SÍNTOMA. Mal reglaje del carburador
• Causas:

17ª. Calibres grandes y mezclas ricas.

Aparte del ralentí, que ya se explicó como ajustarlo, es difícil que se presente esta avería en los motores provistos de un carburador automático moderno, que lleva sus piezas (surtidores, compensador y difusor) apropiadas y fijas para el motor de que se trata. No obstante, si en alguna ocasión, se ha limpiado un surtidor sucio y obstruido con un alfiler, puede ocurrir que se haya agrandado, de un modo imperceptible a la vista (pero apreciable para el motor) el calibre del mismo; o bien el flotador tiene algún orificio y pesa más, por lo que el nivel de gasolina en la cuba es mayor que el debido, o la aguja que manda el flotador no cierra perfectamente (sin que se noten derrames en el exterior), o sencillamente que creyendo aumentar así la fuerza del motor, se le haya puesto un calibre más grande. En todos estos casos, la mezcla carburada se hace demasiado rica, y el motor funciona mal(5).

La riqueza excesiva de la mezcla se nota en lo siguiente: el arranque es, en general, fácil con el motor frío y difícil con el motor caliente; si se quita el silencioso, se notarán las explosiones en el escape "blandas" (largas y sordas), saliendo por el escape humos negruzcos, que no deben de confundirse con los blancos-azulados producidos por un exceso de aceite; se percibe en los gases de escape un olor agrio y picante que se agarra a la garganta; y el motor lleva una marcha característica a sacudidas, que se llama "galope", y se calienta más de lo normal. Si se ha circulado durante algún tiempo con exceso de gasolina, se notará la porcelana en el interior de las bujías recubiertas de hollín.

18ª. Calibres pequeños y mezclas pobres.

En cambio, puede suceder que, pretendiendo gastar menos gasolina, se le haya puesto al carburador un calibre demasiado pequeño; o que alguna suciedad o gota de agua obstruya su orificio; o que las uniones de la tubería de admisión (Fig.6.61) se hayan aflojado, o tenga holgura el eje de la mariposa o los vástagos en las guías de las válvulas (C, en la figura 2.40), y dejen entrar aire que empobrezca la mezcla. En este caso, la mezcla pobre produce los siguientes trastornos en el motor: el arranque en frío es muy difícil; el ralentí es rápido; si se quiere hacer girar despacio el motor, se calará, produciéndose explosiones al carburador, que es un síntoma característico; el motor se calienta más de lo normal, y por tanto, la porcelana de las bujías permanece blanca, en vez de adquirir el tinte marrón oscuro que da una carburación perfecta.

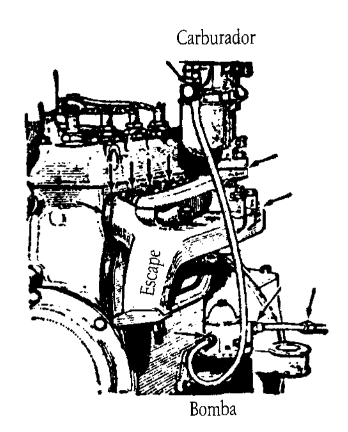


Figura 6.61.

Una mezcla pobre arde lentamente, y resulta que cuando la válvula de admisión se abre, para dejar entrar gases frescos, los que quedan en la cámara de compresión todavía están ardiendo, comunicándose el fuego a los que entran, que explotan hacia el carburador. Esto es peligroso, por el riesgo de incendio si se propaga el fuego al carburador(7).

- SÍNTOMA. Excesivo consumo de gasolina
• Causas:

19ª. Puede ser originado por muy diferentes causas, desde la manera de conducir hasta llevar los neumáticos demasiado flojos.

a) Un conductor nervioso, que está pisando y soltando constantemente el acelerador, gasta demasiado, porque cada vez que pisa el pedal se inyecta un chorrito de gasolina por la bomba de aceleración, y a la vez deja de funcionar el economizador. En marcha regular por carretera, resulta un derroche y, por ello, conviene mantener una marcha regular.
b) Si el estrangulador es de mando manual, debe cuidarse de no tenerlo cerrado o entreabierto más que el tiempo indispensable para que el motor arranque; y si es automático conviene comprobar que funciona bien. Para ello, cuando el motor está completamente caliente, se quita el filtro de aire y se observa si la mariposa está abierta del todo, como es debido.
c) Existen causas ajenas al motor, como: neumáticos poco inflados, ruedas desalineadas o zapatas de los frenos que rozan en los tambores.
d) Sin embargo, es culpa del motor: una falta de compresión (véase "Averías en la compresión") o una distribución mal reglada; el mal funcionamiento de la refrigeración, que hace trabajar al motor demasiado caliente o muy frío (véase "Averías en la refrigeración"); el uso de aceite demasiado espeso, y el encendido retrasado.
e) Para saber si la culpa es del sistema de carburación, debe colocarse un juego nuevo o limpio de bujías y circular con el vehículo durante una media hora; transcurrido este tiempo, se quitan las bujías y si aparecen iniciando la formación de hollín es que la mezcla es demasiado rica.

Ya se explicó en b) cómo se comprueba el correcto funcionamiento del estrangulador automático.

Si el filtro de aire está sucio, frenará la entrada del mismo, por lo que debe limpiarse cuidadosamente para evitar que la mezcla resulte rica por falta de aire.

Si el flotador cierra la aguja cuando está demasiado alto, el nivel en la cuba es superior al debido y sale gasolina en exceso por el surtidor. Puede comprobarse esto, si al quitar el filtro de aire con el motor en ralentí, el surtidor principal no está húmedo. Si lo está y rezuma gasolina, se debe mirar el apoyo de la aguja en el flotador, por si está desgastado.

Si el flotador es de charnela o manda la aguja por palanca (Fig,s.6.26 y 6.29), comprobar que estas piezas no se han doblado, pues al falsearse cambia el nivel en la cuba, y por tanto, la carburación. Esta es una causa de consumo excesivo, mucho más frecuente de lo que se cree.

La válvula de salida de la bomba de aceleración (M, en la figura 6.35, por ejemplo), no cierra bien, en cuyo caso fluye continuamente por ella la gasolina almacenada en la bomba.

Puede funcionar mal la aguja A (Fig.6.26) y estar desgastada.

Si la válvula C del economizador (Fig.6.13) no cierra bien, saldrá demasiada gasolina por el surtidor.

La causa más corriente es el descalibrado por desgaste de los calibres de los surtidores, que deben comprobarse o reponerse.

Por último, otra causa puede ser un exceso de presión en la alimentación de gasolina que proporciona la bomba, por tener el muelle J (Fig.5.6) demasiado fuerte. Debe comprobarse que es de la fuerza debida o cambiar la bomba.

Tanto el excesivo consumo de gasolina como, en general, el reglaje del carburador (causas de avería 17, 18 y 19 acabadas de explicar) se comprueban, en lo que a éste respecta,

con seguridad, si se conoce un taller de confianza donde tengan un "analizador de gases", manejado por personal técnicamente capacitado.

20ª. Falta de oxígeno en el aire.

Cuando se circula por carreteras que discurren por media o alta montaña, a medida que se va subiendo se nota una pérdida de potencia, al disminuir la proporción de oxígeno que contiene el aire, que viene a ser de un 10 por 100 por cada 1.000 metros de altitud sobre el nivel del mar.

Las mezclas tienden a enriquecerse, por lo que si el viaje es largo o el vehículo no tira bien, se puede remediar este mal cambiando el calibre principal por otro más estrecho.

- SÍNTOMA. Detonación

Al explicar esta desagradable perturbación ya se indicaron algunos remedios para contenerla, pero queda por tratar la inyección de agua.

21ª. La inyección de agua.

La mayoría de los automovilistas han observado que los motores marchan más potentes y suaves, o sea tiran mejor, cuando el aire está saturado de humedad: niebla muy húmeda, nubes bajas o lluvia fina, a la cual es muy sensible el motor.

Este fenómeno es debido a que en el aire que respira el carburador sube la proporción de agua, que con el calor del final de la compresión y, sobre todo de la explosión, se vaporiza a costa de rebajar la temperatura en el interior del cilindro. Como en un mismo vehículo y con la misma gasolina, la detonación se produce tanto más fácilmente cuanto más caliente esté el motor, al disminuir la temperatura por la presencia de la humedad en el aire respirado, se contiene la detonación. Además, el vapor de agua es un producto antidetonante, como lo es el tetraetilo de plomo, que tampoco es combustible; así, que por ambas causas los motores funcionan mejor.

En consecuencia, existen aparatos en el mercado (Vitameter y otros, que son como sencillos carburadores, pero para agua) que, colocados a continuación del carburador, entre éste y el colector de admisión, añaden a la mezcla carburada una pequeñísima cantidad de agua pulverizada, que le mejora el poder antidetonante, como si la mezcla tuviera gasolina de un mayor número de octano.

Con los motores modernos de alta compresión, provistos para usar, en sus países de origen, gasolina de 90 o más octano, el uso de la de 75, por ejemplo, agrava el problema detonante, teniendo que llevar casi siempre el acelerador ligeramente "acariciado", pero no pisado, o el encendido tan retrasado que el motor da poca potencia y se calienta.

-SÍNTOMA. Humos en el escape

22ª. Depende del color de los mismos, pues:

a) Si son negros, la mezcla es rica por exceso de gasolina.
b) Si son de color azul pálido, exceso de engrase o cilindros desgastados.
c) En tiempo fresco y en los primeros minutos de funcionamiento del motor, mientras no se calientan el tubo de escape y el silencioso, los gases salen relativamente fríos y su vapor de agua (formado por la combustión de la gasolina) se condensa rápidamente al contacto con el aire frío del exterior, en forma de humos blancos. Cuando el motor y el silencioso ya se han calentado normalmente, el humo blanco desaparece.

Notas

1. **Obsérvese que las denominaciones** de carburador invertido o descendente, horizontal, vertical e inclinado, no se refieren a la forma del carburador, sino a la dirección que sigue la corriente de aire respecto al surtidor.

2. **Este fenómeno**, es el mismo que sufre el vapor de agua del aliento, al echarlo sobre un cristal frío; se condensa en gotas que lo empañan.

3. **En los carburadores antiguos**, no provistos de estos accesorios, se disponía de un procedimiento para compensar el empobrecimiento de la mezcla, mediante el "derrame o inundación" de una cierta cantidad de gasolina adicional en el propio colector de admisión. Así, se conseguía, por medio de un aumento de nivel de gasolina en la cuba del carburador, obtenido actuando manualmente sobre la aguja de cierre, en el caso de que ésta asomara al exterior (Fig,s.6.3 y 6.4), o bien mediante la pulsación del "excitador" en el caso de que dicha aguja no fuera accesible. Este "excitador" consistía en una pequeña varilla o mando, cuya misión consistía en sumergir, presionando, el flotador o boya del carburador.

Abandonado prácticamente, hoy en día, el sistema del "excitador" en los automóviles modernos, es de uso general en las motocicletas, donde por la accesibilidad mecánica directa no supone trastorno alguno para el conductor el accionarlo. En ningún caso debe titilarse, sino apretar o tirar de él, sencillamente.

4. **Es frecuente la confusión** entre lo que aquí se designa como *doble carburador o dual* (dos carburadores iguales en un solo aparato, para alimentar, cada uno, a la mitad de los cilindros), y el *carburador doble* (que es la designación corriente), cuyos cuerpos o tubos de carburación alimentan, uno ayudando al otro, escalonadamente, a todos los cilindros del motor.

5. **Con los carburadores equilibrados** se provoca un consumo excesivo de gasolina si la cuba, en vez de "ventilarse" o tomar aire del tubo de entrada al carburador, tiene grietas o desajustes en la junta, por donde entre aire del exterior. En efecto, la presión sobre la gasolina de la cuba será en este caso mayor y, por tanto, el combustible sale por el surtidor con más fuerza. Es pues, importante en esta clase de carburadores comprobar y cuidar la estanqueidad de las juntas de la cuba, aguja, economizadores, etc., sobre todo cada vez que se desmonta.

6. **La pobreza de la mezcla** es la causa más probable de las explosiones al carburador, que también pueden producirse por "autoencendido".

7. **Un incendio** producido por inflamación de gasolina, no se debe intentar apagar nunca con agua, sino sofocándolo con mantas, arena o tierra, salvo que se disponga de un extintor y éste tenga una carga y presión apropiada.

Cuando la alimentación es por gravedad, la primera medida es cerrar la llave de paso de la gasolina; algunos constructores aconsejan que después de cerrar la llave, se acelere a fondo el motor para consumir la gasolina que hay en la cuba, y que la fuerte corriente de aire producida por el ventilador ayude a apagar el fuego. Si la alimentación es por bomba aspirante, en caso de incendio, lo inmediato es parar el motor y el vehículo, y con una manta o abrigo sofocar el carburador, si no se lleva extintor.

Capítulo 7

La Inyección de Gasolina

Nuestro agradecimiento al Equipo Técnico de
ROBERT BOSCH ESPAÑA, S.A.

1. GENERALIDADES

Ya se ha visto en el capítulo anterior que la alimentación de los cilindros por medio de carburadores está muy perfeccionada y, en la práctica automovilística, el resultado es bastante satisfactorio. Es más, con los carburadores de doble cuerpo y los cuádruples se ha resuelto, en buena parte, el problema de usar un tubo de carburador estrecho para la marcha a pocos gases o a motor lento, y que a la vez, ofrezca amplio paso cuando se pisa a fondo el acelerador, con el motor girando de prisa. Pero la técnica ha ido más lejos y la inyección en los motores de gasolina está desplazando a la carburación.

Aunque muchos motores de aviación carecen de carburador del tipo corriente (cuba con flotador y surtidores por los que la gasolina es aspirada) y, en cambio, llevan dispositivos para inyectar la gasolina en el colector de admisión o directamente a cada cilindro(1), en los motores de automóviles no se había pasado, prácticamente, del periodo experimental, a pesar de las soluciones aportadas por algunos inventores y marcas acreditadas. La razón más poderosa era el precio, pues la bomba de inyección es un aparato de mecánica muy precisa que requiere materiales y trabajo de alta calidad. Por ejemplo, para la marcha normal de un vehículo Mercedes 220-SE (seis cilindros; 2,2 litros de cilindrada) ha de inyectarse para la admisión de cada cilindro una cantidad de gasolina exactamente medida, y variable a voluntad del conductor, entre 10 y 40 mm^3 (de 7 a 28 miligramos), y ello repetido hasta tres mil veces por minuto.

La inyección del combustible ofrece las siguientes ventajas:

1ª. Con los carburadores, el paso del aire tiene que ser siempre rápido, incluso en la pequeña aspiración cuando el motor gira despacio, para mantener la succión en los surtidores y evitar que las gotitas de gasolina, más pesadas que el aire, si éste va despacio, se separen y caigan en el interior de los conductos. Estos no pueden ser amplios, mientras que con la inyección sólo pasa aire y puede el colector ser tan grande como convenga al mejor llenado.

2ª. Como no es necesario que haya puntos calientes en el colector para vaporizar la gasolina, el aire puede entrar más frío y, por tanto, en mayor cantidad a cada pistonada, con lo que el llenado de los cilindros es más completo.

3ª. Si la inyección pulverizada se hace en el cilindro (*inyección directa*), el tiempo de contacto entre las gotitas de la niebla y el aire es mucho menor que en el caso de los carburadores. En ese breve tiempo es cuando se produce la oxidación que tiende a hacer detonante la mezcla, y por ello puede elevarse de 1 a 1,5 la relación de compresión utilizable para un mismo combustible(2).

Aunque la *inyección* sea *indirecta* (fuera del cilindro, en el conducto de admisión y frente a esa válvula), la ventaja sigue siendo apreciable respecto al carburador.

4ª. El suministro de combustible a cada cilindro puede ser perfectamente medido y recibir todos ellos la misma cantidad, mientras que con los carburadores hay desigualdades que pueden alcanzar hasta un 30 por 100, o sea que en unos cilindros entra mezcla demasiado rica y en otros excesivamente pobre, a causa del distinto recorrido de ésta por los tubos ramificados del colector.

5ª. Algunas gasolinas actuales llevan más o menos tetraetilo de plomo, que por ser menos volátil que la gasolina, resulta aún peor repartido. Los cilindros que reciben demasiado, sufren excesivos depósitos de plomo que tienden a quemar las válvulas de escape y sus asientos, y a ensuciar las bujías. Los cilindros que reciben menos, padecerán la detonación y, por su causa, habrá de rebajarse la compresión en todos, con pérdida de rendimiento. Todo esto no ocurre con la inyección, que dosifica exactamente el combustible a cada cilindro, sin que los aditivos tengan tiempo ni ocasión de separarse.

6ª. La aceleración y desaceleración son más rápidas porque, al contrario de lo que ocurre en los carburadores, la cantidad de gasolina inyectada varía instantáneamente según la posición del acelerador.

7ª. Como puede cortarse totalmente el suministro cuando se levanta el pie del acelerador, se ahorra el combustible que siguen gastando los carburadores por el sistema de ralentí, por el cual sale bastante gasolina, dada la enorme succión que hace el motor girando aún de prisa, con la mariposa cerrada; como consecuencia, no se diluye tanto el aceite de engrase.

8ª. Por último, se obtiene una notable elasticidad del motor que, por ejemplo, pasará de 600 a 6.000 rpm en directa y pisando a fondo, sin golpeo ni vibraciones, con franca superioridad a los carburadores.

En resumen, para el mismo motor, con la inyección se alcanza más potencia (aumento del 10 al 20 por 100), más elasticidad y menor consumo (hasta un 10 por 100 menos), lo que permite, sobre todo, aceleraciones más rápidas y marchas más suaves sin cambiar. En contra, el mecanismo es más caro, complicado y de cuidado más delicado con relación a los carburadores. Las diferencias se van reduciendo a causa de la mayor complicación de éstos y el perfeccionamiento de los sistemas de inyección, así como por la creciente fabricación en serie.

2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE INYECCIÓN

La misión de la inyección de gasolina es hacer llegar a cada cilindro el combustible exactamente necesario para las necesidades del motor en cada momento; esto implica la necesidad de registrar el mayor número posible de datos importantes para la dosificación del combustible. Pero como el estado de servicio del motor suele variar rápidamente, resulta decisiva una rápida adaptación del caudal del combustible a la situación de marcha momentánea. La inyección de gasolina controlada electrónicamente es particularmente adecuada en este caso. Con ella puede registrarse una cantidad discrecional de datos de ser-

vicio, en cualquier lugar del vehículo, para su posterior conversión en señales eléctricas mediante *captadores*. Estas señales se hacen llegar a la unidad de control de la instalación de inyección, la cual las procesa y calcula inmediatamente el caudal de combustible a inyectar, cuyo valor depende de la duración de la inyección.

Existen grandes variaciones en la inyección de gasolina con respecto a la alimentación del motor por carburador y vamos a considerar los siguientes temas:

2.1. Sistemas de control de llenado de aire en los cilindros

- Control de llenado de aire.
- Sistema EGAS.
- Fases variables de distribución de válvulas.
- Efectos de la variación del árbol de levas con respecto al cigüeñal.
- Conmutación del árbol de levas.
- Distribución variable sin árbol de levas.
- Realimentación de los gases de escape. El AGR.
- El AGR en la inyección directa.
- Sobrealimentación dinámica.
- Sobrealimentación por tubo oscilante de admisión.
- Sobrealimentación por resonancia.
- Geometría variable del tubo de admisión.
- Sistema de tubo oscilante de admisión.
- Sistema combinado de tubos de admisión oscilantes y de resonancia.
- Sobrealimentación mecánica.
- Turboalimentador por gases de escape.
- Sobrealimentador Wastegate.
- Sobrealimentador VTG.
- Sobrealimentador VST.
- Ventajas y desventajas de la turbosobrealimentación por gases de escape.
- Enfriamiento del aire de sobrealimentación.

2.2. Inyección de gasolina en compendio

2.2.1. Formación externa al cilindro de la mezcla

A) Inyección individual.
- Sistema de inyección mecánico. K- Jetronic
- Sistema de inyección combinado mecánico-electrónico. KE Jetronic.
- Sistemas de inyección electrónicos. L-Jetronic. LH-Jetronic. M-Motronic.

B) Inyección central.
- Inyección central Bosch Mono-Jetronic.
- Inyección central Bosch Mono-Motronic.

2.2.2. Formación interna, dentro del cilindro, de la mezcla.

- Inyección directa.

2.3. Alimentación de combustible

2.4. Depuración catalítica de los gases de escape

2.4.1. Catalizadores
2.4.2. Circuito de regulación lambda

2.1. Sistemas de control de llenado de aire en los cilindros

- **Control de llenado de aire.**- En el funcionamiento del motor de gasolina con sistema de inyección, la masa de aire aportada es decisiva para conseguir un buen par motor y por tanto buena potencia. También hay aportaciones de sistemas que tienen influencia en la formación de gas inerte en el llenado de los cilindros y por tanto en los gases de escape.

Para la combustión del combustible se necesita oxígeno, que el motor adquiere del aire aspirado. **El par motor** que se **entrega** es directamente proporcional a la masa de aire aportada.

La mariposa que es accionada por el pedal del acelerador se encuentra en el tramo de la admisión y controla el flujo de aire aspirado y por tanto el llenado de los cilindros.

En los sistemas convencionales, (Fig. 7.1.), la mariposa 3, es accionada mecánicamente por medio de un cable o varilla 2, que está unido al pedal del acelerador 1. La posición de la mariposa influye en la apertura del conducto de la admisión 4, y controla el paso del aire aspirado por el motor 5, y por tanto el **par motor** que se **aporta**.

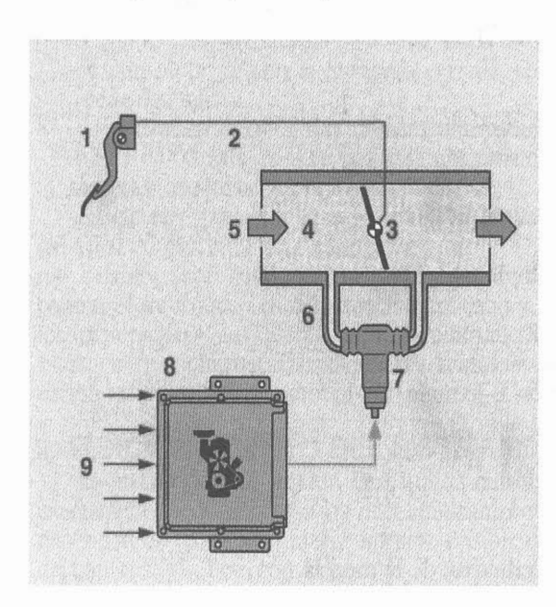


Figura 7.1.

Cuando el motor está frío es necesario que exista mas cantidad de aire y más cantidad de combustible, es mayor el rozamiento y hay condensaciones de combustible en el tubo de admisión. Lo mismo ocurre cuando el motor mueve por ejemplo el compresor del aire acondicionado, se requiere más par de entrega.

Las informaciones se transmiten a la unidad de control 8, con conexiones eléctricas 9.

El aire adicional lo aporta un **actuador** de aire 7, situado en una **derivación de la tubería de admisión** 6, que toma el aire del tubo de admisión antes de la mariposa; en otros casos hay un actuador de la mariposa que modifica el tope mínimo de la misma.

En los dos casos apuntados el actuador regula también la marcha en ralentí, con la información electrónica de la **unidad de control** de forma automática, sin que se pueda actuar de modo manual. La unidad de control recibe información de la cantidad de aire y de la temperatura del mismo.

- **Sistema EGAS (acelerador electrónico).** Figura 7.2.

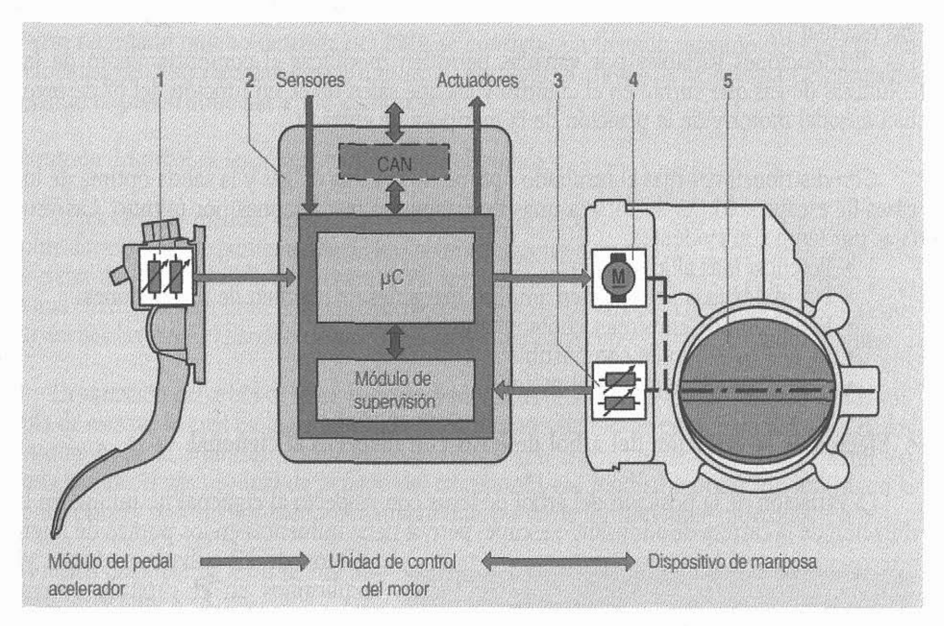


Figura 7.2.

En el control electrónico del aire aspirado por el motor responsable de la potencia entregada al mismo, la unidad de control electrónica 2, se hace cargo de los movimientos de la mariposa 5, mandada mediante un motorcito 4, un sensor 3 forma unidad con el motorcito y proporciona a la unidad de control información sobre el ángulo girado de la mariposa.

El acelerador actúa sobre dos potenciómetros de movimiento opuesto 1, que mandan información a la unidad de control de los deseos de aceleración o desaceleración que manifiesta el conductor.

Los potenciómetros existentes en el dispositivo del acelerador y en los sensores de la mariposa, son supervisores del sistema EGAS. Si se detectan anomalías en el sistema, la mariposa 5, toma de forma inmediata una posición fijada para que el motor funcione en emergencia.

El sistema de activación EGAS se integra en la unidad de control que regula también el encendido, la inyección y funciones adicionales. No existe como unidad única especial.
El sistema EGAS permite una mejor composición de la mezcla, necesaria para una mejor obtención de potencia y para cumplir con la legislación relativa a los gases de escape, cada vez más exigentes.

• Fases variables de distribución por válvulas

En el punto 3.4 del sistema de la distribución, se explicaba la necesidad de las distribuciones variables.

Además de la regulación de aire fresco que entra en el motor mediante la mariposa del tubo de admisión, hay otras posibilidades de influir en el llenado de los cilindros.

Con las distribuciones variables se puede influir sobre el gas fresco que entra y en el gas residual .

Las distribuciones variables por válvulas permiten modificar el comportamiento de las columnas de gas que entran en el cilindro y las que salen de él, en función del nº de revoluciones del motor y de la posición de la mariposa de entrada.

Con distribuciones fijas el resultado óptimo de la carga de gas y la salida óptima de los gases de escape solo puede darse a unas determinadas revoluciones por minuto. Las ventajas por tanto son evidentes:

- Potencia más alta
- Par motor más favorable en amplios márgenes de régimen de revoluciones.
- Reducción de emisiones contaminantes
- Menor consumo de combustible
- Reducción de ruidos en el motor.

• Efectos de la variación del árbol de levas con respecto al cigüeñal

La variación de la posición del árbol de levas con respecto al cigüeñal no influye en la duración de la carrera de admisión o escape, pero si tiene influencia en los puntos de intersección de las válvulas, aunque ya explicamos en el capítulo correspondiente que es tendencia eliminar el solape de las mismas. Pero podemos hacer que según las necesidades las válvulas se abran o cierren más o menos cerca del PMS o del PMI, según el régimen de revoluciones del motor y las exigencias que sean requeridas, todo ello para conseguir un mejor llenado y un mejor par de funcionamiento.

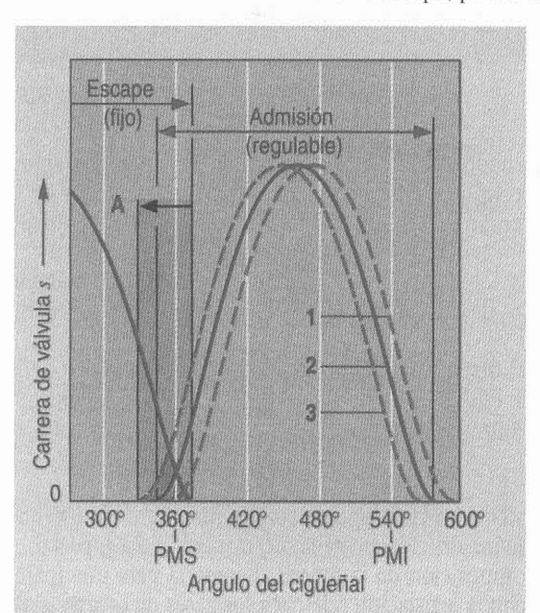


Figura 7.3.

La variación de los árboles de levas es posible mediante los actuadores eléctricos y electrohidráulicos. La fig, 7.3, muestra como varía la "posición " o la carrera de la válvula de admisión abierta, cuando es desplazado en su giro el árbol de levas.

Variación del árbol de levas de la admisión hacia el retardo.

Ocasiona una apertura retardada de la válvula de admisión y por tanto ninguna intersección con la válvula de escape. A bajas revoluciones, menos de 2000, el reflujo de gases quemados apenas existe, hacia la admisión. Al haber menos gas residual en los gases frescos se puede obtener menor número de revoluciones al ralentí con funcionamiento equilibrado, lo que se traduce en un ahorro de consumo.
A altas revoluciones, más de 5000, el árbol de levas es desplazado hacia el retardo. Con el cierre retardado mucho después del PMI, se consigue un llenado máximo debido a la alta velocidad del flujo de gas fresco que sigue entrando a través de la válvula de admisión cuando el pistón sube haciendo compresión.

Variación del árbol de levas de admisión hacia el avance.

A velocidades medias, entre 2000 y 5000 rpm, la velocidad del gas fresco es reducida. La sobrealimentación experimentada a altas revoluciones no existe aquí. La válvula de admisión se cierra después del PMI, pero cerca de él, la presión de la compresión en el momento anterior al cierre apenas influye en la entrada de gases frescos. La variación del árbol de levas a éstos regímenes favorece el llenado de gases frescos, lo que hace conseguir un par motor óptimo.

La variación del árbol de levas hacia el avance ocasiona una mayor intersección con la válvula de escape, lo cual da lugar a que el reflujo de gases de escape produzca una salida de los mismos hacia la admisión, éstos gases de escape son aspirados de nuevo en la admisión aumentando el gas residual de llenado del cilindro. El gas residual introducido influye en la combustión y reduce, por menores temperaturas punta, la formación de nitróxidos, NOx.

Variación del árbol de levas de las válvulas de escape.

Con ésta variación se influye en el gas residual que luego va a entrar en el llenado del cilindro.

Conmutación del árbol de levas.

Con éste sistema se puede variar tanto la longitud de apertura de la válvula, como su fase de actuación, hay dos perfiles de leva por válvula. Una primera leva fija las fases de distribución y apertura óptimas de las válvulas de admisión y escape para los márgenes de revoluciones inferior y medio. Una segunda leva regula aperturas más altas y tiempos de apertura de las válvulas más largos para altos números de revoluciones. (Fig. 7.4.)

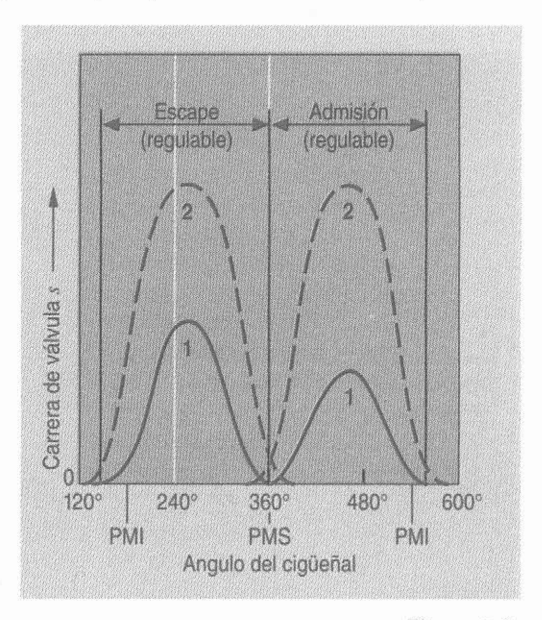


Figura 7.4.

La conmutación a diferentes formas de leva se puede conseguir posicionando la leva adicional para que entre en funcionamiento por medio de un balancín a velocidad adecuada; también mediante el funcionamiento de taqués de conexión huecos que a velocidad adecuada proporcionen más carrera.

Distribución completamente variable sin árbol de levas.
El mejor grado de funcionamiento y el menor consumo es conseguido por distribuciones de válvulas variables sin árbol de levas. Las válvulas son movidas por actuadores electromagnéticos accionados mediante una unidad de control. Las aperturas y cierres de las válvulas se producen de la forma más conveniente determinadas por la unidad de control. El llenado y el barrido de gases es el idóneo en todo momento. El par motor y la potencia conseguidos son óptimos.

- **Realimentación de los gases de escape. AGR**

Consiste en introducir en el cilindro una parte de los gases quemados, en el momento de la admisión de gases frescos. El objeto de introducir esta masa de gas inerte, ya quemado, es disminuir las emisiones de óxidos de nitrógeno al mismo tiempo que se baja la temperatura de combustión. Se puede aumentar el llenado total del cilindro sin que varíe la cantidad de aire fresco resultando además un funcionamiento mas suave del motor y un consumo más bajo.

Se puede influir en esta masa residual por medio de distribuciones variables, ya explicadas, en este caso tendremos una alimentación de gases de escape (AGR) "interna", se varía el momento del cierre del escape para que coincida más con el tiempo de admisión.

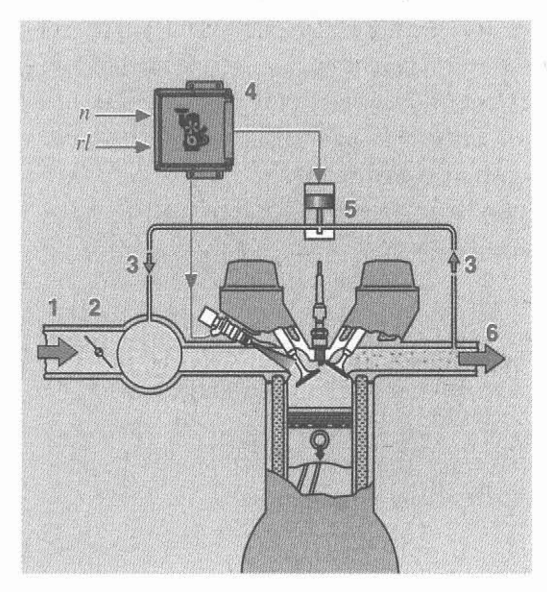


Figura 7.5.

Mayor variación de la parte de gas inerte se consigue con una instalación del tipo de la figura 7.5. Existe una unidad de control 4, que actúa en función del número de revoluciones del motor y del llenado relativo del aire, que a su vez depende de las exigencias que tenga el conductor al pisar el acelerador. La válvula de control activa la válvula AGR 5, eléctricamente fijando la sección de apertura de la misma. La válvula pone en comunicación los gases del colector de escape con la entrada de la admisión por medio del tubo en derivación 3.

- **AGR en la inyección directa de la gasolina**

En los motores de inyección directa la válvula AGR también es indispensable, con los efectos apuntados de disminución de emisiones de óxido de nitrógeno (NOx), en los modos de funcionamiento pobre el sistema permite que no hagan falta otras medidas para el tratamiento posterior de los gases de escape, (por ej., el funcionamiento con mezcla homogénea rica para "desacumular" el nitróxido NOx del catalizador). El funcionamiento por tanto, con AGR repercute en el ahorro de combustible.

Para que se puedan aspirar gases de escape a través de la válvula AGR, ha de haber una caída de presión entre el tubo de admisión y el conducto de los gases de escape, lo que requiere una estrangulación de la tubería de admisión. En los motores de inyección directa de gasolina se introduce a través de la válvula AGR un caudal de oxígeno que en combinación con la mariposa de aspiración de aire proporciona un funcionamiento fiable y preciso, aún con poca estrangulación del colector de admisión. El resultado de todo el sistema es funcionamiento con menor temperatura de gases como consecuencia de la reducción de nitróxidos (NOx).

- **Sobrealimentación dinámica**

El par motor entregado es proporcional a la cantidad de gases frescos que entren en el cilindro. En el ciclo de cuatro tiempos explicado al principio del libro se vio que teóricamente el aire entra en el cilindro a la presión de 1 atmósfera, en el mejor de los casos. Se puede aumentar el par dentro de ciertos límites aumentando la presión de entrada de los gases frescos, para que estén en el tiempo de admisión en el cilindro a mayor presión que la atmosférica.

Tiene influencia en el llenado del cilindro no solo las cotas de reglaje de la distribución sino también los conductos de admisión y escape. La válvula de admisión al abrirse provoca una onda de presión que corre hacia atrás, en el extremo opuesto del tubo la onda de presión "da" en el aire de la admisión y es reflejada regresando de nuevo hacia la válvula de admisión. Las oscilaciones de presión que produce la apertura de la válvula se traducen en variaciones dinámicas del aire aspirado que pueden aprovecharse con un diseño apropiado del colector de admisión.

Los tubos de admisión en motores con carburador y en instalaciones con inyección central, necesitan, para una distribución uniforme de la mezcla de aire y gasolina, tubos individuales cortos de igual longitud para cada cilindro.

Cuando la inyección es individual, el combustible es inyectado en el tubo de admisión o directamente en la cámara de combustión (inyección directa de la gasolina) a muy poca distancia delante de la válvula de admisión. En lo esencial en éstos sistemas los tubos de admisión transportan solo aire lo que permite una buena conformación del tubo.

Se emplean varios sistemas:

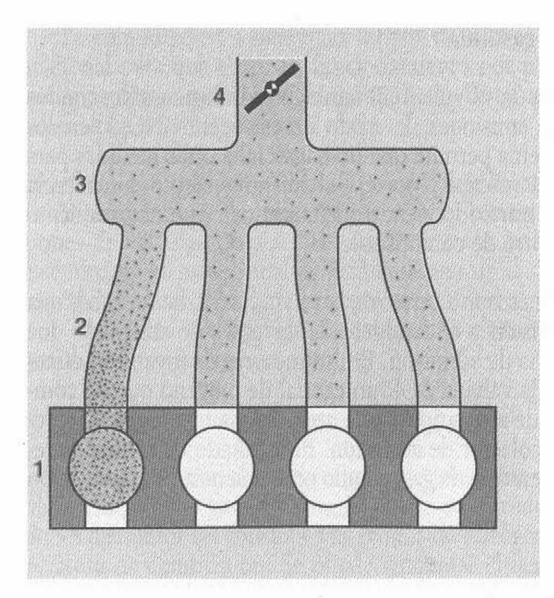


Figura 7.6.

- **Sobrealimentación por tubo oscilante de admisión. (Fig. 7.6)**

Los tubos de admisión para instalaciones de inyección individual, son independientes y se unen en un depósito colector 3, comunicado con la atmósfera a través de una mariposa de paso 4.

El efecto sobrealimentador depende de la longitud y forma del tubo y de las revoluciones del motor. Los levantamientos de la válvula de admisión crean un movimiento de aire hacia el depósito 3, donde se produce la vuelta de los mismos hacia el cilindro a gran velocidad. Los tubos de admisión anchos y cortos repercuten favorablemente a la sobrealimentación en regímenes superiores. Los tubos largos y delgados producen efecto sobrealimentador en el régimen inferior.

- **Sobrealimentación por resonancia. (Fig. 7.7)**

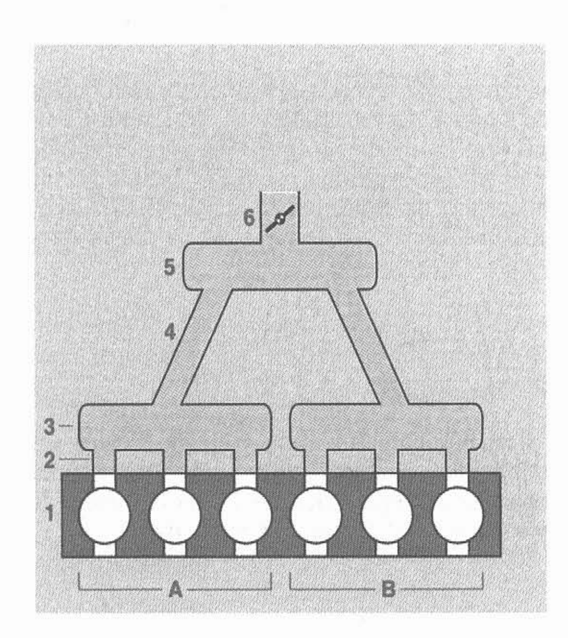


Figura 7.7.

Los grupos de cilindros del bloque 1, que tienen iguales intervalos de encendido, se unen mediante tubos de admisión cortos 2, a un depósito común por cada grupo 3, estos depósitos comunican con la atmósfera a través de un depósito único 5, y una mariposa de estrangulamiento 6 le pone en contacto con la atmósfera, la conexión entre 5 y 3, se hace con unos tubos de resonancia orientados 4, que aumentan la velocidad del aire.

La separación de los depósitos 3, de los dos grupos de cilindros con dos tubos de resonancia impide que se solapen los fenómenos de flujo en dos cilindros vecinos en orden de encendido. Si el orden de encendido es: 1-5-3-6-2-4 no hay dos admisiones seguidas dentro de cada depósito.

- **Geometría variable del tubo de admisión**

Los sistemas mencionados aumentan el llenado del motor y por tanto el rendimiento volumétrico sobre todo en el margen inferior de revoluciones por minuto.

Podemos variar la geometría del colector de admisión con válvulas de mariposa conmutables, que provocan condiciones ideales de resonancia en cualquier régimen del motor, se produce:

Variación de la longitud del tubo oscilante de admisión.

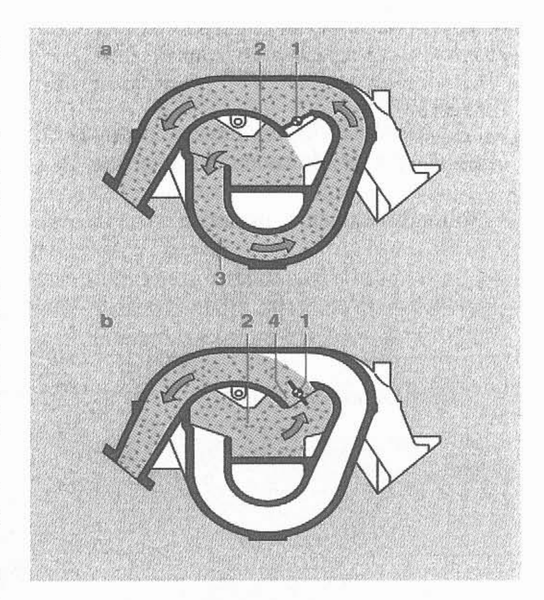
Conmutación entre diferentes diámetros o diferentes longitudes de tubos oscilantes.

Desconexión opcional de un tubo individual por cilindro en caso de tubos oscilantes múltiples.

Conmutación a distintos volúmenes del colector.

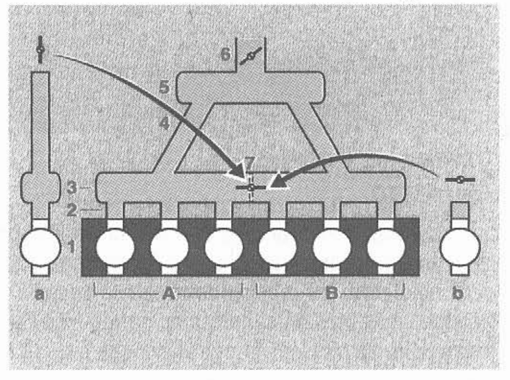
Para conmutar dichos sistemas de admisión se emplean válvulas de mariposa accionadas eléctricamente o electroneumáticamente.

En la (Fig. 7.8), se representa la conmutación entre dos tubos oscilantes diferentes. En el márgen de régimen inferior, la válvula de mariposa de conmutación 1, está cerrada y el aire aspirado fluye por el tubo oscilante largo 3 hacia los cilindros. A altas revoluciones del motor y estando abierta la válvula de conmutación, el aire aspirado toma el camino por el tubo de admisión corto y ancho 4. El sistema permite sobrealimentación a cualquier régimen de revoluciones.



a Geometría del tubo de admisión estando cerrada la válvula de conmutacion b Geometría del tubo de admisión estando abierta la válvula de conmutación 1 Válvula de conmutación 2 Depósito colector 3 Tubo de admisión largo y delgado estando cerrada la válvula de conmutación 4 Tubo de admisión corto y ancho estando abierta la válvula de conmutación

Figura 7.8.



1 Cilindros 2 Tubo oscilante (tubo de admisión corto) 3 Depósito de resonancia 4. Tubo de admisión 5 Depósito colector 6 Mariposa 7 Mariposa de conmutación A Grupo de cilindros A B Grupo de cilindros B a Condiciones del tubo de admisión estando cerrada la válvula de conmutación b Condiciones del tubo de admisión estando abierta la válvula de conmutación

Figura 7.9.

- **Sistema combinado de tubos de admisión de resonancia y de tubo oscilante.**

En la (Fig. 7.9), se representa el sistema. Existe una combinación de los sistemas de tubo de resonancia y de tubo oscilante cuando la válvula de conmutación abierta, posición 7,

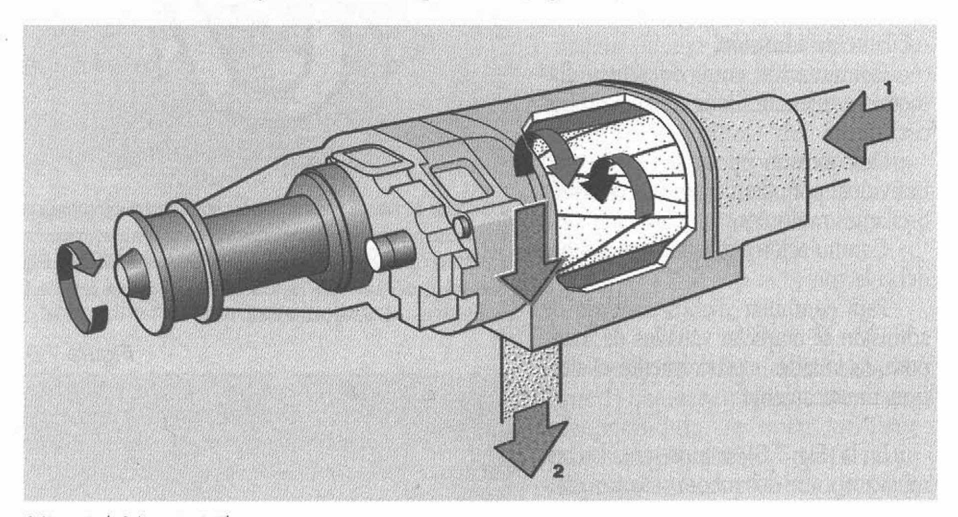
puede unir los dos depósitos de resonancia 3 formando un solo volumen. Se origina entonces un colector de aire para los tubos oscilantes de admisión cortos 2 con una alta frecuencia propia.

A bajas revoluciones y medias, la válvula de conmutación está cerrada. El sistema actúa como sistema de admisión de resonancia.

- **Sobrealimentación mecánica**

En el tema de la carburación se explicó la misión de los compresores y su importancia en el llenado del cilindro. En la inyección de gasolina tiene gran importancia la sobrealimentación mecánica y vamos a estudiar el tema con más profundidad.

- **Sobrealimentación y control de la presión. (Fig.7.10)**



1 Aire aspirado 2 Aire comprimido

Figura 7.10

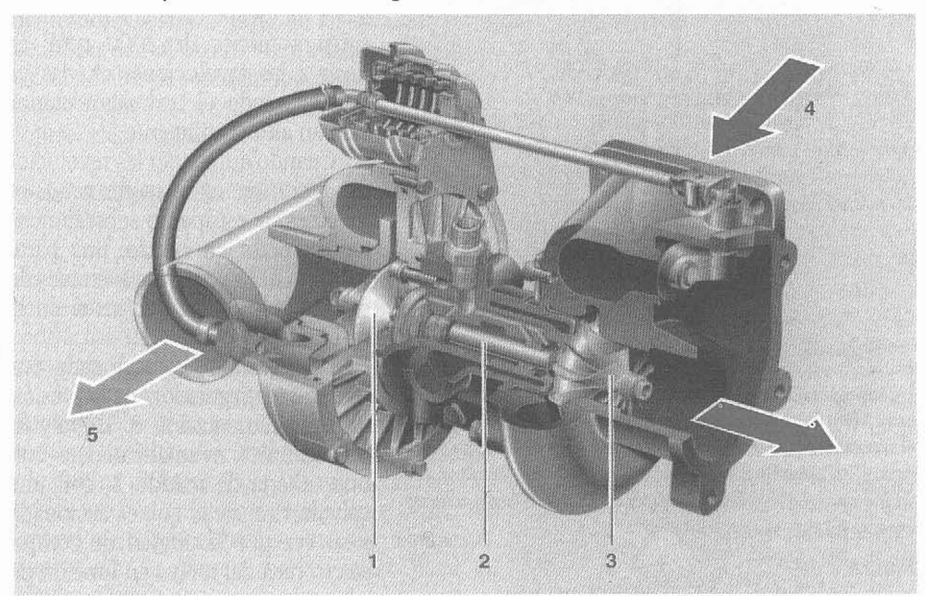
La figura 7.10. (detalle 1) muestra un compresor helicoidal con las dos hélices girando en sentido contrario. El giro es proporcionado por el motor por medio de una correa de accionamiento. Es preciso controlar la presión de sobrealimentación pues el compresor produce más presión cuanto más rápido gira estando unido al motor, llegando a ser excesiva (el límite está en la aparición del fenómeno de la detonación), se puede controlar mediante un conducto en derivación que recoge parte del aire y lo vuelve a enviar a la entrada del compresor; la válvula es activada y regulada por el motor.

El compresor tiene la ventaja de que por su unión directa con el cigüeñal se acelera sin demora cuando aumenta el número de revoluciones, el llenado que produce es inmediato y alto. Tiene como inconveniente que la potencia necesaria para su movimiento se la proporciona el motor, con lo que una parte de la potencia suministrada por el motor se emplea en la sobrealimentación, a diferencia de los turbocompresores que emplean para sobrealimentar la energía cinética de los gases de escape.

- **Turboalimentación por gases de escape.**

De todos los procedimientos de sobrealimentación es el más aplicado. Consiste en aprovechar la velocidad de los gases de escape en la salida del motor para intercalar un turboalimentador, el "turbo", que movido por los gases introduce una sobrealimentación al motor. Se consiguen altos par motor y potencia aun en motores pequeños.

Estructura y funcionamiento.- (Fig.7.11)

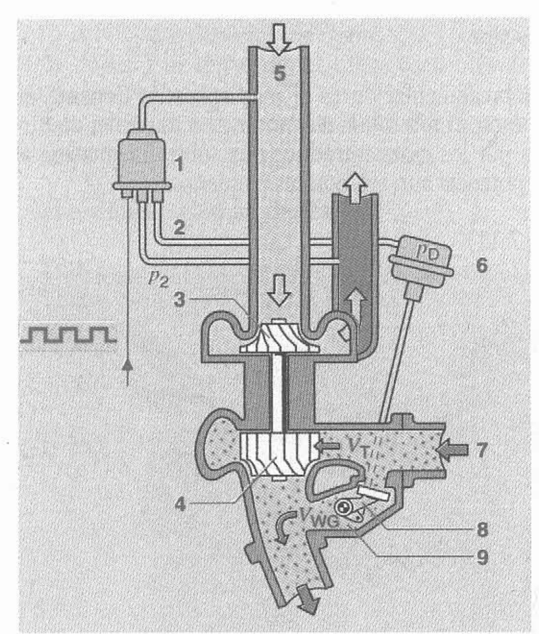


1 Rueda de compresor 2 Árbol 3 Turbina de gases de escape 4 Entrada de flujo másico de gases de escape 5 Salida de aire comprimido

Figura 7.11.

El turboalimentador por gases de escape se compone en sus elementos de construcción principales, de una turbina 3, impulsada por la velocidad de los gases y de un compresor 1, cuyas ruedas están dispuestas en un eje común 2. La base 4, se conecta al colector de escape del motor.

Los gases de escape calientes 7, (Fig 7.12), soplan contra la turbina 4 en sentido radial y la someten a un rápido movimiento de giro. Los álabes orientados de la turbina dirigen los gases hacia dentro saliendo hacia el tubo de escape y al exterior.
En el extremo opuesto del eje de la turbina se encuentra la rueda 3, del compresor que gira solidaria con aquella. El aire fresco del exterior 5, entra en sentido axial y es proyectado por los álabes hacia fuera en sentido radial, mandado a cierta presión al colector de admisión y al cilindro.
El turboalimentador por gases de escape está situado en un tramo caliente de la salida de los gases de escape del motor, los materiales de construcción han de ser pues de alta resistencia al calor.



1 Válvula rítmica 2 Tubería de mando neumática 3 Compresor. 4 Turbina de gases de escape 5 Flujo de aire de admmisión (aire fresco) 6 Válvula reguladora de la presión de sobrealimentación 7 Corriente de gases de escape 8 Wastegate 9 Conducto de derivación ⎍⎍ Señal de activación para válvula rítmica V_T Flujo volumétrico a través de la turbina V_{WG} Flujo volumétrico a través del Wastegate P_2 Presión de sobrealimentación P_D Presión en la membrana

Figura 7.12.

En la (Fig. 7.12) se representa el turbosobrealimentador Wastegate, con una serie de regulaciones.

Los motores deben de alcanzar un buen par aún a bajas revoluciones. La caja de la turbina se diseña para un pequeño caudal másico de gases de escape consiguiendo plena carga a menos de 2000 rpm, es decir a las revoluciones citadas ya está actuando el turboalimentador con un alto rendimiento.

Cuando aumentan las revoluciones, para que los mayores caudales de gases de escape no sobrealimenten al motor en exceso, una parte del flujo del gas se desvía a través de una válvula 8, sin que actúe en la turbina.

La válvula 8, es accionada por una válvula reguladora de la presión de sobrealimentación 6. La válvula 6, comunica neumáticamente con una tubería de mando 2, con una válvula rítmica 1, que es accionada a su vez por la unidad de control electrónica del motor en función de la presión de sobrealimentación requerida.

Si la presión de sobrealimentación es demasiado baja, se activa la válvula rítmica 1, de forma que en la tubería de mando 2 exista poca presión; la válvula reguladora 6, cierra el pisón 8 (Wastegate) y todo el gas de escape incide en la turbina 4, moviéndola a más velocidad. En la posición 9 del pisón Wastegate la turbina 4 gira a menor velocidad.

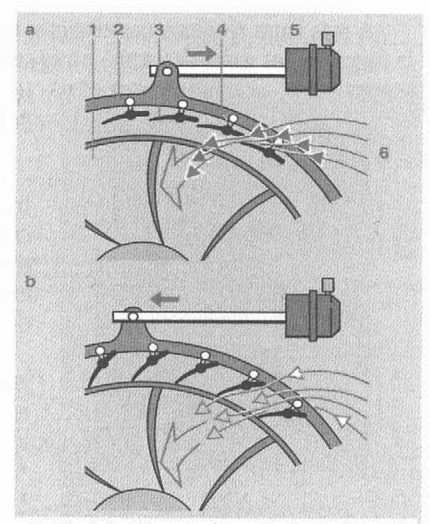
• Sobrealimentador VTG

Las turbinas regulables VTG ofrecen otra posibilidad de limitar el flujo másico de gases de escape a alto nº de revoluciones del motor (Fig. 7.13). Por medio de unos álabes situados en la turbina variamos la cantidad de gases que pueden incidir en la misma y por tanto la cantidad de gases frescos que en el otro extremo del eje de la turbina puedan ser mandados al motor. Tenemos una incidencia "variable" de los gases de escape.

Por el movimiento de giro de un anillo de regulación 2, se produce una sencilla variación de ángulo de los álabes. Con ella se ajustan los álabes al ángulo deseado, o bien directamente a través de palancas individuales de regulación fijadas a los álabes 4. El giro del anillo de regulación se efectúa neumáticamente mediante depresión o sobrepresión, a través de la cápsula de regulación 5 mandada por la unidad de control electrónica.

En el detalle **a**, se ve la posición de los álabes cuando el motor funciona a bajas revoluciones y es preciso que se produzca la mayor incidencia de los gases en la turbina, para que la sobralimentación del motor sea máxima.

En el detalle **b** de la (Fig. 7.13) se observa la posición de los álabes para conseguir poca presión de sobrealimentación, a altas revoluciones del motor. La mayor parte de los gases de escape se desvían al exterior sin incidir en la turbina. Los álabes se mueven por la cápsula de regulación 5, que recibe información de la unidad de control electrónica.



a Posición de los álabes para alta presión de sobrealimentación b Posición de los álabes para baja presión de sobrealimentación 1 Turbina de gases de escape 2 Anillo de regulación 3 Alabes 4 Palanca de regulación 5 Cápsula de regulación 6 Corriente de gases de escape ◄— Alta velocidad de flujo ◁— Baja velocidad de flujo

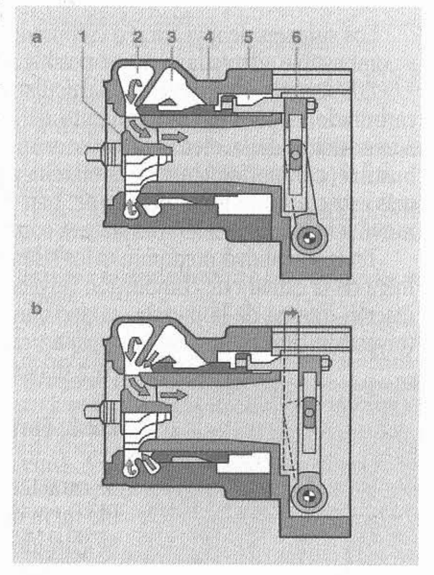
Figura 7.13.

- **Sobrealimentador VST. (Fig 7.14)**

Es un sobrealimentador con turbina de gas variable por corredera (VST) se adapta el "tamaño de la turbina" abriendo de forma sucesiva los conductos de flujo 2 y 3 con ayuda de una corredera de regulación 4.

A bajas revoluciones está abierto solo el primer conducto 2, La pequeña sección de apertura ocasiona una alta velocidad de los gases de escape y la turbina gira también a alta velocidad proporcionando en el extremo opuesto, en el anillo de aspiración de gases frescos, una alta aspiración aumentando la presión del gas fresco hacia el cilindro. Detalle a.

A altas revoluciones del motor la horquilla de regulación actúa sobre la corredera 4 dejando abierto el conducto 3 aumentando la sección de apertura, lo que ocasiona una menor incidencia de los gases de escape en la turbina, disminuyendo la sobrealimentación a los cilindros. Detalle b.



a Sólo un conducto de flujo está abierto b Ambos conductos de flujo están abiertos 1 Turbina de gases de escape 2. 1 conducto de flujo 3. 2 conducto de flujo 4 Corredera de regulación 5 Conducto de derivación 6 Horquilla de regulación

Figura 7.14.

- **Ventajas e inconvenientes de la turbosobrealimentación por gases de escape**

En comparación con un motor de aspiración directa, atmosférico, de igual potencia, el motor sobrealimentado puede ser más pequeño, con menos cilindrada, en la (Fig. 7.15) se representa el par motor en ambos; la curva 4 pertenece al motor con turbo, la curva 3 al atmosférico. A determinadas revoluciones resulta mayor potencia, B más que A. A bajas revoluciones el turbo apenas actúa la potencia es prácticamente la misma.

A más bajas revoluciones el motor turbosobrealimentado da menos par debido a que la fuerza de los gases de escape no es suficiente para mover la turbina.

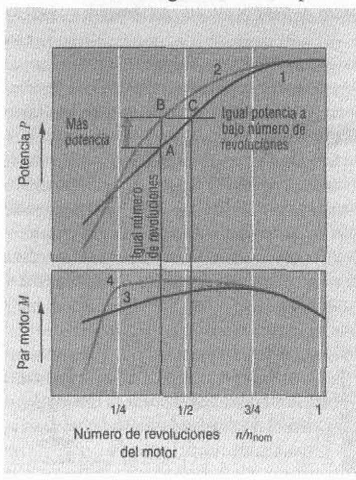


Figura 7.15.

- **Enfriamiento del aire de sobrealimentación**

Como el aire caliente ocupa más espacio que el aire frío por tener menos densidad, el calentamiento repercute negativamente en el llenado del cilindro. Por medio de un refrigerador podemos enfriar el aire que entra en el cilindro (motores intercooler), aumentando el llenado del mismo.

El aire a presión de admisión se hace pasar a través de un radiador que es enfriado por una corriente de aire generada por un ventilador. Se producen *los siguientes efectos:*

- Menor tendencia a la detonación.
- Mejor rendimiento térmico y por tanto menor consumo.
- Menor carga térmica en los pistones.
- Menor emisión de NOx.

2.2. Inyección de gasolina en Compendio

Los sistemas de inyección o carburadores tienen la misión de preparar una mezcla de aire y combustible adaptada lo mejor posible al respectivo estado del funcionamiento del motor.

Los sistemas de inyección, particularmente los electrónicos, son más adecuados que los carburadores para el cumplimiento de los estrechos límites preestablecidos respecto a la composición de la mezcla. De ello resultan ventajas en lo referente al consumo de combustible, comportamiento de la marcha y potencia. Las exigencias de la legislación cada vez más estricta sobre gases de escape, han dado lugar en el campo de la aplicación del automóvil a que la inyección desplazara completamente al carburador.

En la actualidad predominan los sistemas en los que la formación de la mezcla tiene lugar fuera de la cámara de combustión (inyección en el tubo de admisión). Los sistemas con formación interna de la mezcla, es decir, inyección directamente en la cámara de combustión (inyección directa de gasolina), ganan cada vez más en importancia por ser los adecuados para mayor reducción de combustible.

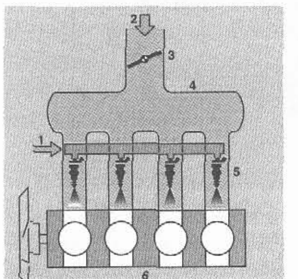


Figura 7.16.

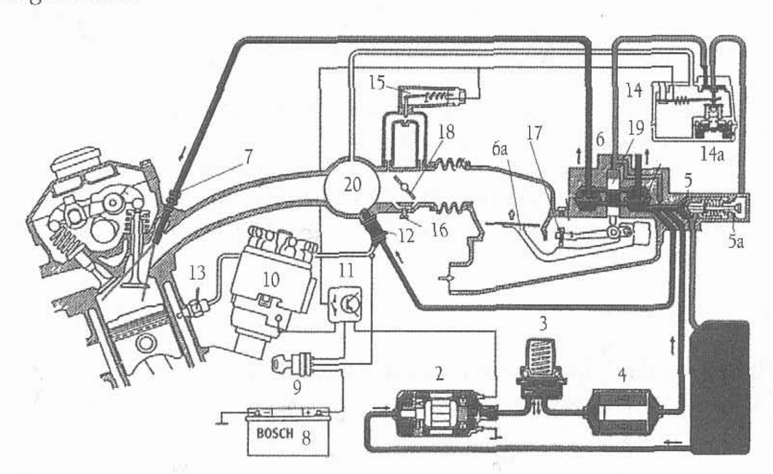
2.2.1. Formación externa al cilindro de la mezcla

Se caracterizan por producirse la mezcla de aire y combustible fuera de la cámara de explosión, en el tubo de admisión. Se han ido desarrollando adaptándose a las mayores exigencias. Existen dos variantes:

- **Inyección Individual**. Cada cilindro tiene una válvula de inyección que inyecta delante de la válvula de admisión del cilindro, (Fig. 7.16). Dentro de éstos sistemas tene-

- **Sistema de Inyección Mecánico K- Jetronic.**- Inyecta combustible de forma continua, por medio de una bomba eléctrica que manda el combustible al sistema, obteniéndose la dosis adecuada en función del aire aspirado por el motor. Es un sistema mecánico pues el combustible va impulsado por la bomba a una presión adecuada.

- **Elementos del sistema.**- En la figura 7.17, se representa la totalidad del sistema, distinguiéndose:



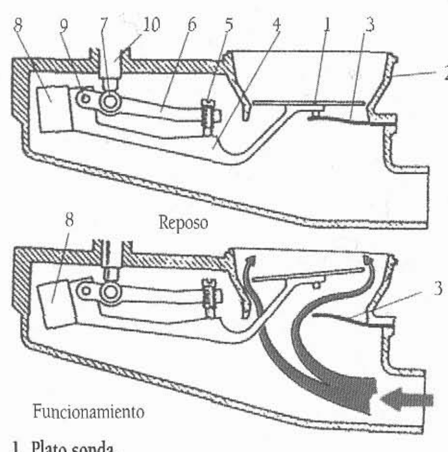
1. **Depósito de combustible.**
2. **Bomba eléctrica de combustible.**
   Suministra el combustible y produce la presión necesaria para el funcionamiento.
3. **Acumulador de combustible.**
   Impide que se formen burbujas de vapor después de para el motor y permite un arranque seguro en caliente.
4. **Filtro de combustible.**
   Retiene las impurezas más finas.
5. **Regulador de presión de alimentación.**
   Mantiene constante la presión del combustible en la instalación. Después de para el motor, la válvula de abertura 5a cierra el circuito de la presión de mando.
6. **Regulador de mezcla.**
   Consta de la sonda volumétrica de aire 6a y del distribuidor-dosificador de gasolina 6b. La sonda volumétrica mide la cantidad de aire aspirada por el motor y transmite la información, por un sistema de palancas, al émbolo de mando del distribuidor-dosificador. Dicho émbolo envía a las válvulas de inyección, bien dosificada, la cantidad de combustible que necesita el motor, por sendas ranuras existentes para los diversos cilindros.
7. **Válvula de inyección.**
   Eyecta continuamente el combustible delante de la válvula de admisión.
8. **Batería.**
9. **Interruptor de encendido y arranque.**
   Señaliza el arranque al relé de mando y conecta el encendido. A través del interruptor térmico de tiempo conecta la válvula de arranque en frío.
10. **Distribuidor de encendido.**
    Señaliza la marcha del motor al relé de mando.
11. **Relé de mando.**
    Conecta la bomba eléctrica de combustible el regulador de calentamiento y la válvula de aire adicional.
12. **Válvula de arranque en frío.**
    Eyecta, en el arranque en frío, una cantidad adicional de combustible en el colector de admisión.
13. **Interruptor térmico de tiempo.**
    Limita el tiempo de conexión de la válvula de arranque en frío. estando el motor caliente evita la conexión de dicha válvula.
14. **Regulador de calentamiento (regulador de la presión de mando).**
    Modificando la presión en el circuito de la presión de mando, regula la composición de la mezcla durante el calentamiento de mezcla rica haica mezcla pobre (enriquecimiento durante el calentamiento). En plena carga, la mezcla es enriquecida por la membrana de plena carga 14a, en función de la presión reinante en el tubo de admisión, disminuyendo la presión de mando (enriquecimiento de plena carga).
15. **Válvula de aire adicional.**
    Aumenta y estabiliza la velocidad de ralentí cuando el motor está frío, aumentado la cantidad de mezcla aspirada por el motor.
16. **Tornillo de regulación de la velocidad de ralentí.**
17. **Tornillo de regulación de la mezcla del ralentí.**
18. **Mariposa.**
19. **Válvula dosificadora.**
20. **Colector de admisión.**

Figura 7.17

- Un circuito de aire, comienza en el filtro de aire situado en la entrada E, pasa al medidor de caudal de aire 10, que actúa en el regulador de mezcla 9, a través de la válvula de mariposa 10 a, va a la mariposa 16 b, mandada por el interruptor eléctrico 16, en conexión con el pedal del acelerador. El aire pasa al colector de admisión y de aquí a los cilindros a través de la válvula de admisión.
- Un circuito de combustible, comienza en el depósito de combustible 1, de donde aspira una bomba eléctrica 2 que manda la gasolina a un acumulador de combustible 3, que regula la presión en el circuito y de aquí pasa al filtro 4, en comunicación con el regulador de mezcla 9, que proporciona la gasolina adecuada a la válvula inyectora 6.
- Unos complementos tales como sistema de regulador de calentamiento 5, arranque en frío con inyector 8, y sonda de temperatura 13.
- Un sistema de encendido con distribuidor 14, relé de control 17 (conexión entre bomba eléctrica, regulador de calentamiento y válvula de aire adicional 15), unidad de control 18, conmutador de encendido y arranque 19, y la batería de acumuladores 20.

Misiones de los elementos

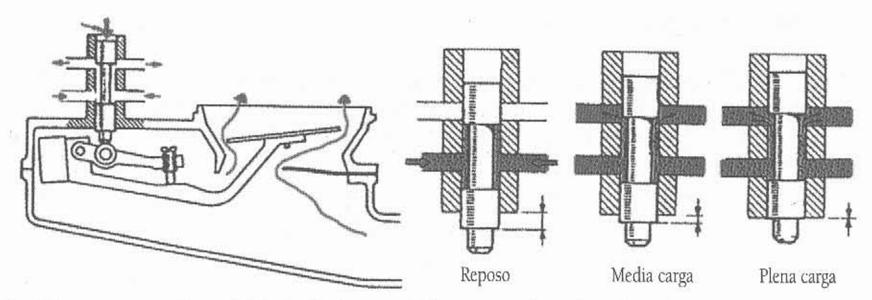
Medidor de caudal de aire.- Llamado caudalímetro de aire (Fig 7.18), funciona según la cantidad de aire que pasa a los cilindros, actuando sobre la válvula dosificadora (Fig 7.19), permitiendo mayor o menor paso de combustible hacia los inyectores.



1. Plato sonda.
2. Embudo.
3. Lámina elástica.
4. Brazo de palanca.
5. Tornillo de ajuste de mezcla.
6. Palanca de accionamiento.
7. Rodillo.
8. Contrapeso.
9. Eje de giro.
10. Pie de válvula dosificadora.

Figura 7.18.

El paso del aire levanta el plato 1, venciendo la acción del contrapeso 8, que le mantenía apoyado contra una lámina elástica 3. El levantamiento hace que la palanca 6, empuje el émbolo de la válvula de corredera (Fig 7.20) que tiene dos cámaras de gasolina separadas por una membrana y muelle que actúa sobre la misma. A medida que sube el émbolo por la actuación de la palanca 6 de la (Fig 7.19), el émbolo de la (Fig 7.20) permite el paso de más gasolina a la parte anterior de la membrana, gasolina que viene a presión de la bomba; la presión en la parte inferior de la membrana aumenta y el muelle que actúa en la misma, la empuja, haciendo que el caudal de gasolina hacia la parte anterior de la membrana y por tanto a los inyectores sea mayor.

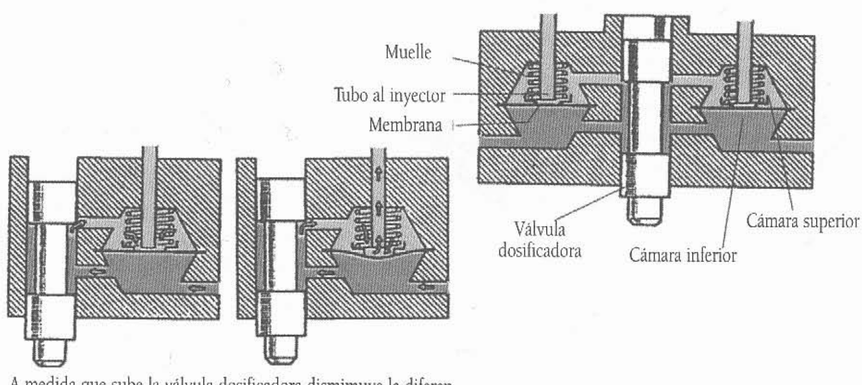


A medida que auementa el paso del aire la válvula es empujada y aumenta el paso de gasolina

Figura 7.19.

Regulador de Mezcla o Válvula Dosificadora

Su funcionamiento se ha visto en la (Fig 7.19) y 7.20). En la (Fig. 7.21), se ve su aspecto real y se distinguen las dos cámaras de la membrana, cámara de presión y de alimentación a los inyectores. El émbolo determina la actuación del muelle apretando la membrana cuando la presión inferior disminuye por la subida de aquel, aumentando el paso de combustible hacia los inyectores.



A medida que sube la válvula dosificadora dismimuye la diferencia de presión entre la cámara inferior y superior, el muelle vence la membrana y pasa la gasolina al tubo de los inyectores

Figura 7.20.

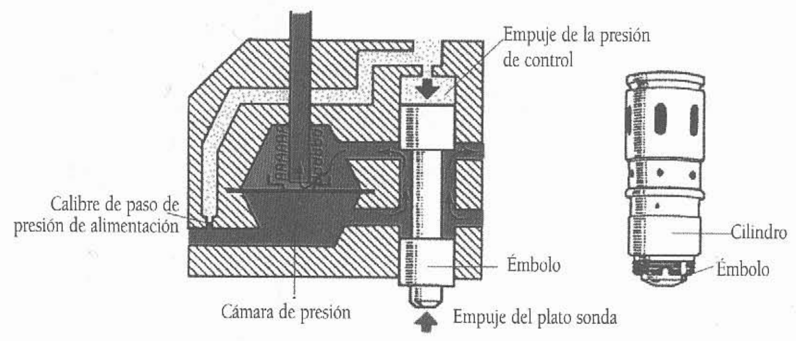


Figura 7.21.

Bomba de gasolina. (Fig 7.22)

Es accionada con la llave de contacto que permite el paso de corriente de la batería a un motor eléctrico que lleva la bomba dentro de una estructura metálica con racores de entrada y salida de gasolina, 1 y 6.

El inducido 4 del motor mueve un rotor 7 que actúa sobre unos rodillos de acero 3, que empujan la gasolina por fuerza centrífuga, recogiéndola de la entrada 9 y mandándola a presión a la salida 10 a través de la válvula de retención 5, la que permite el paso y evita que se anule la presión cuando se para el motor.

Hay una válvula 2, de seguridad que permite que se anule la presión cuando exista una obstrucción en el sistema permitiendo el paso directo de la gasolina a la entrada 9.

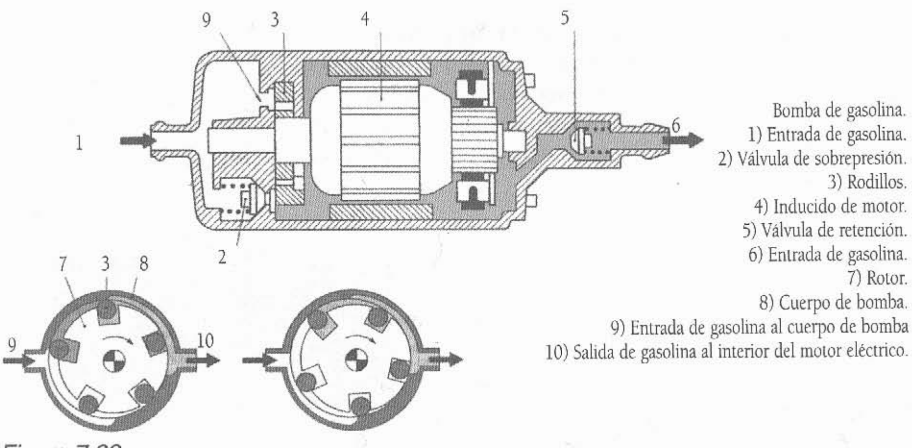


Figura 7.22.

Acumulador de combustible.-

Regula la presión de combustible del sistema (Fig 7.23), tiene dos cámaras separadas por una membrana, en una hay un muelle 7 y comunicación con la atmósfera 9, en la otra se produce la acumulación de gasolina.

Acumulador de presión.
1) Entrada de gasolina.
2) Deflector.
3) Válvula de lámina.
4) Orificio.
5) Entrada de la válvula.
6) Muelle.
7) Comunicación con la atmósfera.
8) Cámara de la membrana.
9) Comunicación con la atmósfera.
10) Tope.
11) Salida de filtro.

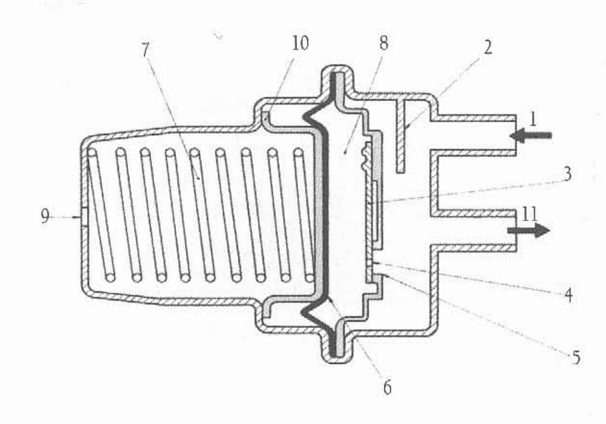
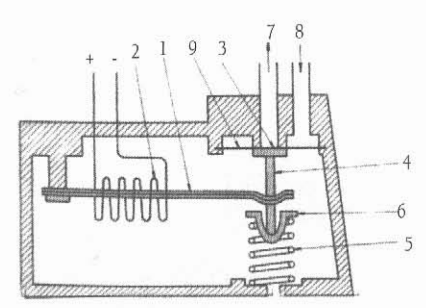


Figura 7.23.

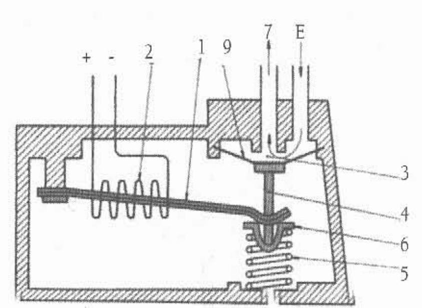
La bomba de gasolina la envía por el conducto 1 al acumulador, el deflector 2 amortigua los impulsos del envío. La gasolina pasa por el orificio 5 de la válvula de lámina 3 y penetra en la cámara 8 .

Regulador de la fase de calentamiento (Fig 7.24 y 7.25). Controla la presión que existe en la parte superior del pistón de la válvula dosificadora. La presión se opone al levantamiento del émbolo, empujado por el plato sonda 1, de la figura 7.18, que está equilibrado con su contrapeso 8, y que de no existir presión quedaría levantado con el mínimo paso de aire.



Esquema del regulador de calentamiento
Funcionamiento con el motor caliente.
1) Lámina biemtal. 2) Resistencia. 3) Válvula. 4) Vástago.
5) Muelle. 6) Cazoleta. 7) Rebosadero.
8) Llegada de gasolina. 9) Membrana.

Figura 7.24.



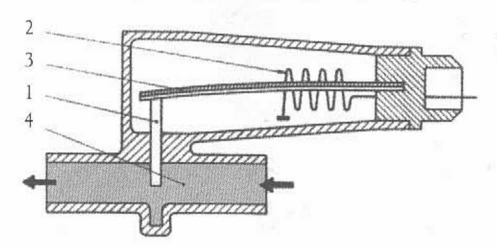
Esquema del regulador de calentamiento
Funcionamiento con el motor frío.
1) Lámina biemtal. 2) Resistencia. 3) Válvula. 4) Vástago.
5) Muelle. 6) Cazoleta. 7) Rebosadero.
8) Llegada de gasolina. 9) Membrana.

Figura 7.25.

En la figura 7.25 se observa que la membrana tapa la entrada E que viene de la parte superior del émbolo de la válvula dosificadora y la salida que va al regulador de presión. El sistema lleva una lámina bimetálica que al calentarse por una resistencia eléctrica se deforma presionando la cazoleta, venciendo la acción del muelle.

Cuando el motor está caliente no pasa corriente por la resistencia y la membrana permanece cerrada. El émbolo de la válvula dosificadora trabaja en unas condiciones: con el motor frío la resistencia se calienta, (Fig 7.25), y la membrana se abre al deformarse la lámina bimetálica. En éstas condiciones la gasolina que llega a la parte superior del pistón dosificador, tiene camino libre a través de la entrada E hacia el regulador de presión, con lo que la presión en el émbolo disminuye subiendo más al contacto del plato sonda del caudalímetro y permitiendo mas paso de gasolina hacia los inyectores, (Fig 7.20).

Válvula de paso de aire adicional (Fig. 7.26)



Esquema de la composición interna de una caja de aire adicional.
1) Lámina bimetálica.
2) Resistencia eléctrica.
3) Obturador.
4) Conducto del paso del aire.

Figura 7.26.

Tiene la misión de ayudar al calentamiento del motor cuando está frío aportando una alimentación adecuada, superior mientras esté frío el motor.

La válvula actúa en un tubo que puentea la mariposa de gases, el calentamiento de la lámina bimetálica provoca el cierre de la palanca obturadora suprimiendo la adición de aire. Cuando el motor está frío, el paso de aire es total en el tubo adicional lo que unido a la acción del émbolo de la válvula dosificadora hace que haya más cantidad de mezcla produciéndose un ralentí acelerado. Al calentarse el motor la lámina se curva hacia abajo cerrándose el conducto adicional produciéndose un ralentí normal.

Interruptor témico de tiempo.- (Fig. 7.27)

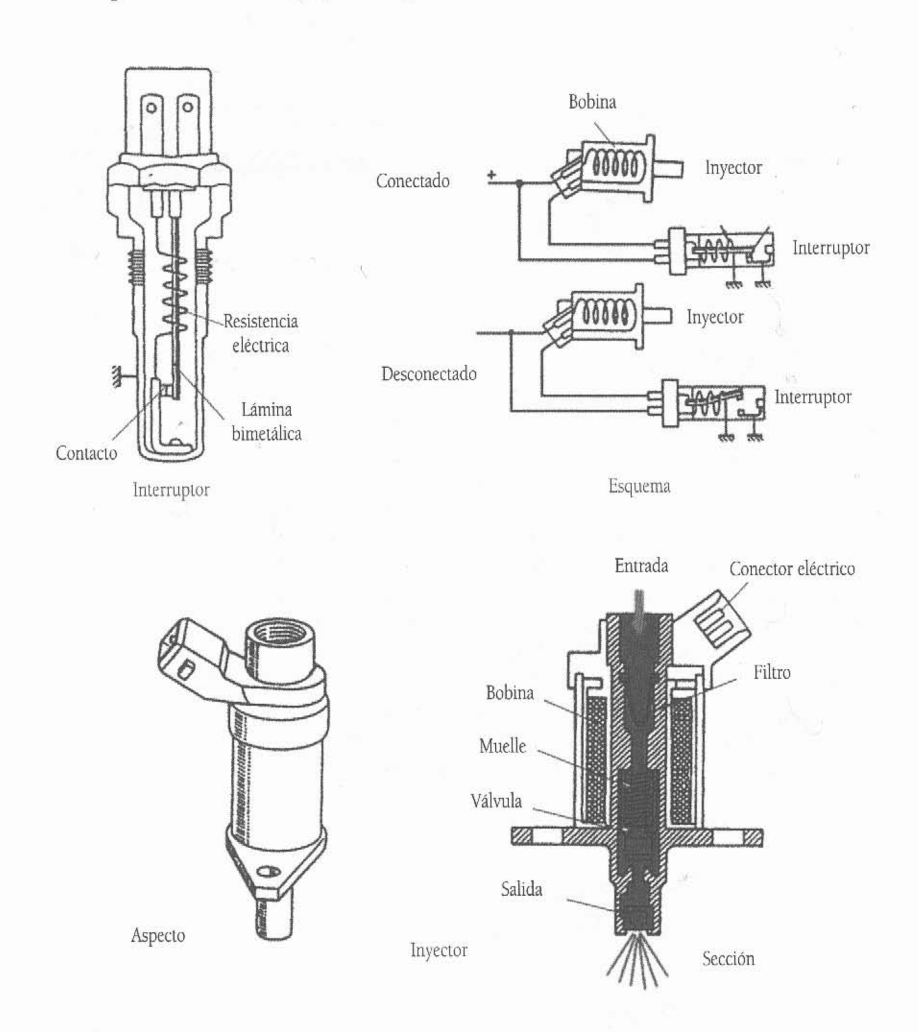


Figura 7.27.

Situado en el bloque o en la parte alta de la culata, en contacto con el agua de la refrigeración, proporciona información para que actúe o no el inyector de arranque en frío. Una lámina bimetálica accionada por la corriente eléctrica de una resistencia, permite el paso de la corriente hacia el inyector de arranque en frío cuando la temperatura del motor es baja, al cabo de 10 segundos, una vez arrancado el motor, la lámina bimetálica se deforma e interrumpe el paso de la corriente hacia el inyector de arranque, evitando que el motor se ahogue.

Dispositivo de arranque en frío.- (Fig. 7.27)

Inyecta un suplemento de combustible para el arranque en frío, mandado por el temporizador, es del tipo de aguja y la presión a la que inyecta es la del circuito (3,5 a 4 kg por cm2).

Filtro de gasolina.- (Fig. 7.28)

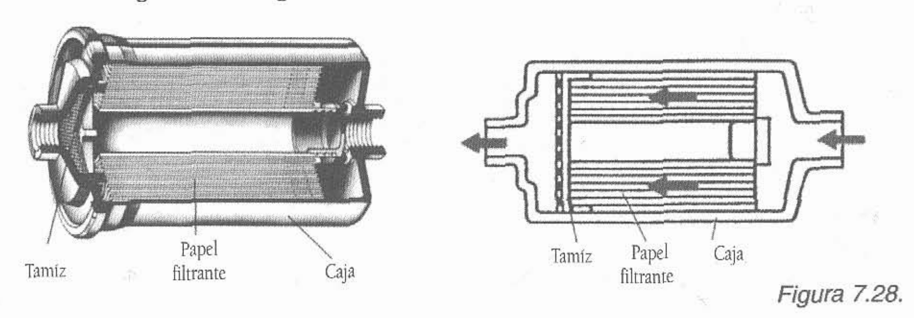


Figura 7.28.

Es de estructura metálica, lleva dentro papel doblado filtrante y un colador para materias sólidas, se debe cambiar cada 25.000 kms, dependiendo de las zonas por donde circule el coche.

Elementos que componen el K Jetronic

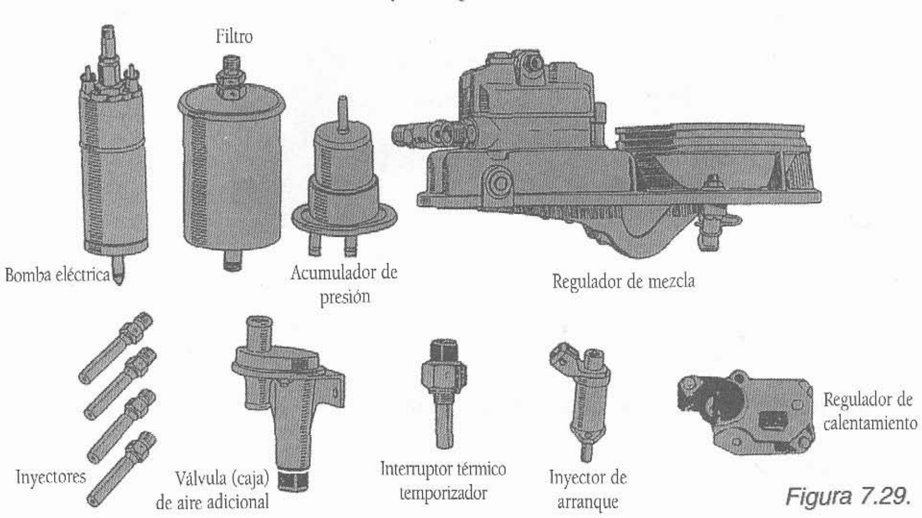
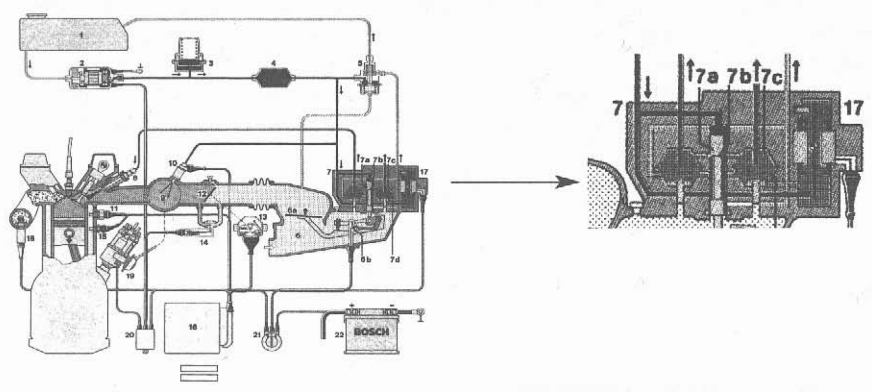


Figura 7.29.

Sistema de inyección mixto KE-Jetronic.- (Fig. 7.30)



1 Depósito de combustible 2 Electrobomba de combustible 3 Acumulador de combustible 4 Filtro de combustible 5 Regulador de la presión del sistema 6 Medidor del caudal de aire 7 Distribuidor-dosificador de combustible 7a Émbolo de mando 7b Borde de mando 7c Cámara superior 7d Cámara inferior 8 Válvula de inyección 9 Colector de admisión 10 Válvula de arranque en frío 11 Interruptor térmico temporizado 12 Mariposa 13 Interruptor de mariposa 14 Válvula de aire adicional 15 Sonda térmica del motor 16 Unidad de control electrónica 17 Actuador electrohidráulico de presión 18 Sonda Lambda 19 Distribuidor de encendido 20 Relé de mando 21 Commutador de encendido y arranque 22 Batería

Figura 7.30.

Variaciones con respecto al sistema K-Jetronic

Regulador de presión de alimentación.- (Fig 7.31)

La misión es la misma que en el sistema K-Jetronic, pero la composición interna es distinta. La presión de llegada de la bomba de gasolina hace que la membrana se abra permitiendo la comunicación del regulador de mezcla con el retorno al depósito, disminuyendo la presión en el sistema. Si es mucha la disminución, se cierra la membrana impidiendo dicha salida y aumentando la presión en el sistema, en todo momento se está produciendo el ajuste por medio de la membrana de cierre.

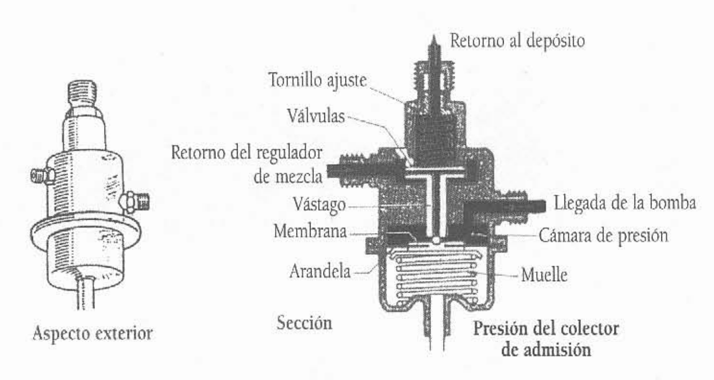


Figura 7.31.

Regulador de la presión de inyección.- (Fig. 7.32)

Se diferencia del K-Jetronic, porque en la entrada de gasolina al regulador dosificador se añade un actuador electrohidráulico que regula el paso de combustible a la parte inferior de

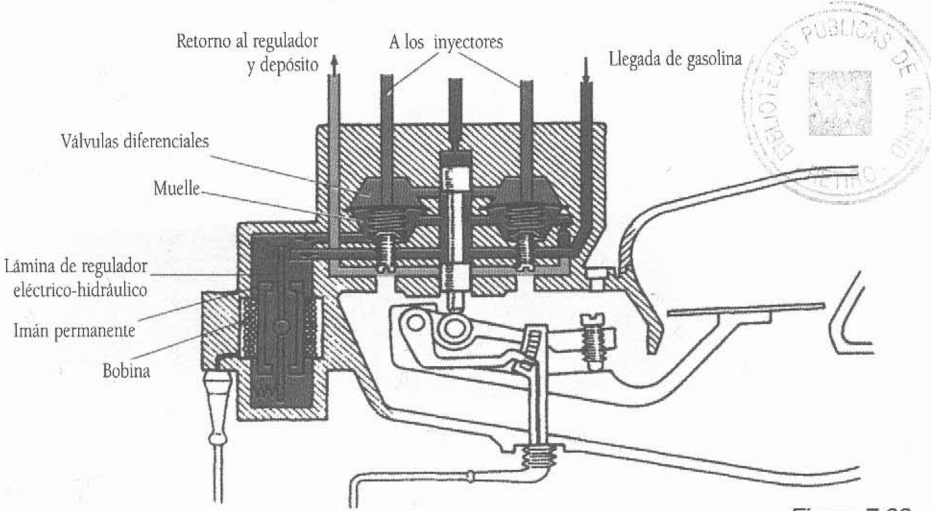


Figura 7.32.

las membranas de la válvula dosificadora, con lo que varía la presión en esa parte con lo que el émbolo de dosificación podrá subir más o menos fácilmente, dando más o menos paso de combustible a los inyectores a través de la salida a los mismos desde la cámara superior.

El actuador recibe instrucciones de la unidad de control. Básicamente es una placa oscilante que se mueve entre la influencia de un muelle y de un electroimán mandado por la unidad de control, la placa oscilante obtura más o menos el orificio de llegada de gasolina a la parte inferior de la membrana.

Actuador de paso de aire adicional.- (Fig 7.33)

Es un motorcito de corriente continua que actúa mandado por la unidad de control, quién recibe información de la apertura de la mariposa de aire que maneja el conductor, de la temperatura del mismo y de la velocidad del motor a través del sistema de encendido. El motorcito regula el paso de aire de la válvula adicional consiguiendo un ralentí acelerado en fase de calentamiento o un ralentí normal con el motor funcionando a su temperatura.

Todos los demás elementos son igual que la inyección K-Jetronic. El KE-Jetronic es un sistema mecánico de inyección que ha dado muy buenos resultados hasta ser reemplazado por la inyección electrónica. Los equipos mecánicos son menos propensos a averías que los equipos totalmente electrónicos, los fallos electrónicos suceden de forma imprevisible, dejando sin funcionar un aparato y por tanto el motor.

Control de la válvula de paso de aire adicional (KE-Jetronic)

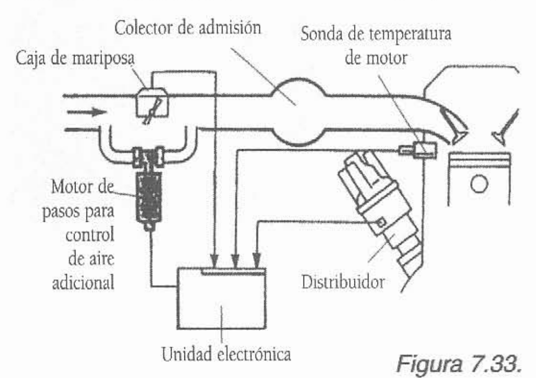


Figura 7.33.

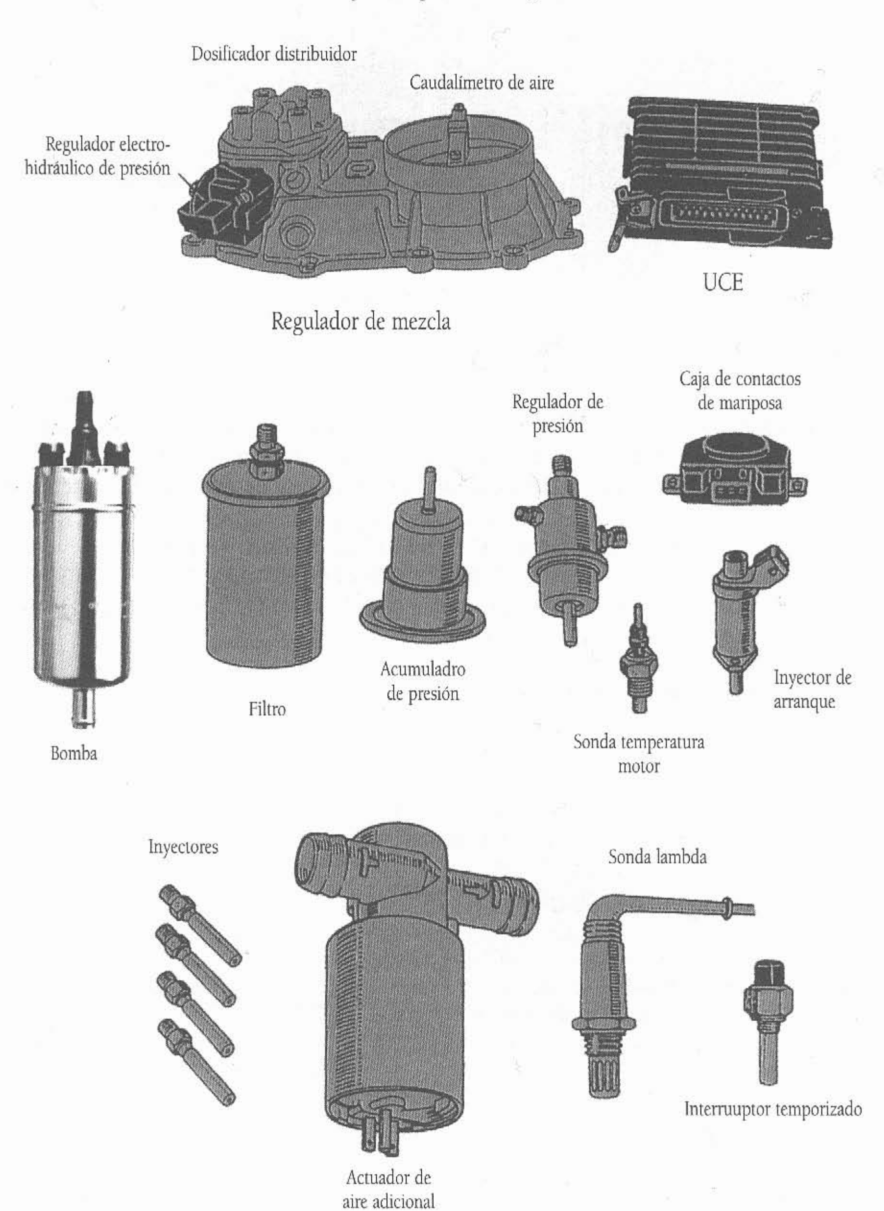
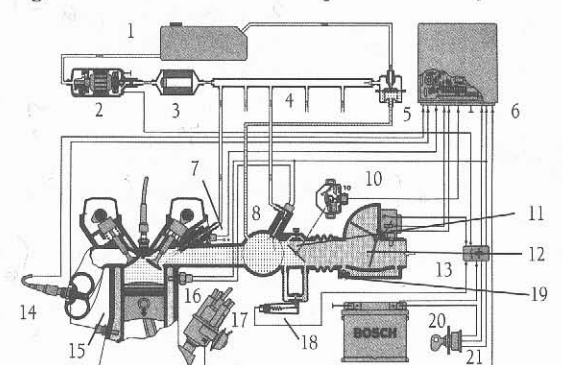

Elementos que componen el K3-Jetronic
Dosificador distribuidor
Caudalímetro de aire
Regulador electro-hidráulico de presión
UCE
Regulador de mezcla
Caja de contactos de mariposa
Regulador de presión
Bomba
Filtro
Acumuladro de presión
Inyector de arranque
Sonda temperatura motor
Inyectores
Sonda lambda
Interruuptor temporizado
Actuador de aire adicional

Figura 7.34.

La seguridad de estos equipos mecánicos hacen que se empleen en motores de altas prestaciones, dejando la integridad electrónica para motores de vehículos de menos costo.

Sistemas de inyección electrónica.

L-Jetronic.- Es un sistema de inyección individual (multipunto), que inyecta el combustible antes de la válvula de admisión (indirecta), y de una forma discontinua en los inyectores, una vez en todos por vuelta del cigüeñal. El sistema apareció en los años 1970. En la fig, 7.35 de nuestro libro se representa un esquema del mismo.



1 Depósito de combustible 2 Electrobomba de combustible 3 Filtro del combustible 4 Tubo distribuidor 5 Regulador de presión 6 Unidad de control 7 Válvula de inyección 8 Válvula de arranque en frío 9 Tornillo de ajuste al ralentí 10 Interruptor de mariposa 11 Mariposa 12 Medidor del caudal del aire 13 Conjunto de relés 14 Sonda Lambda 15 Sonda térmica del motor 16 Termointerruptor temporizado 17 Distribuidor del encendido 18 Válvulo de aire adicional 19 Tornillo de ajuste de la mezcla al ralentí 20 Batería 21 Commutador del encendido y arranque

Figura 7.35.

La gasolina es aspirada del depósito 1 por una electrobomba de combustible del tipo descrito en los sistemas explicados. Después de pasar por el filtro de combustible 3 llega al tubo distribuidor 4 en conexión con los inyectores. El regulador 5 mantiene la presión del sistema y devuelve el sobrante al depósito.

El aire procedente del filtro situado en la entrada E, pasa por el medidor de caudal 12 y a través del colector de admisión y de los inyectores va a los cilindros. Sigue controlando el calentamiento del motor la válvula de aire adicional 18 situada en el tubo que puentea la mariposa de paso 11.

La unidad electrónica de control 6 recibe informaciones del paso de aire, de la temperatura del mismo, de la posición del pedal de acelerador, de la composición de los gases a través de la sonda Lambda 14, de la velocidad del motor a través del encendido y determina la cantidad de gasolina que va a aportar cada inyector.

La inyección en cada cilindro se realiza en dos aportaciones, una por vuelta, (Fig 7.36), y a la vez en todos los inyectores. Con un orden de explosiones de 1-3-4-2, en el primer cilindro hay una aportación al empezar la admisión y otra al comenzar la explosión. En el segundo cilindro las inyecciones se producen en los tiempos de compresión y escape. En el tercero se producen en los tiempos de escape y compresión. En el cuarto en los tiempos de explosión y admisión. No se le otorga una influencia en el funcionamiento al hecho de que las inyecciones en el colector de admisión se produzcan en cualquier tiempo.

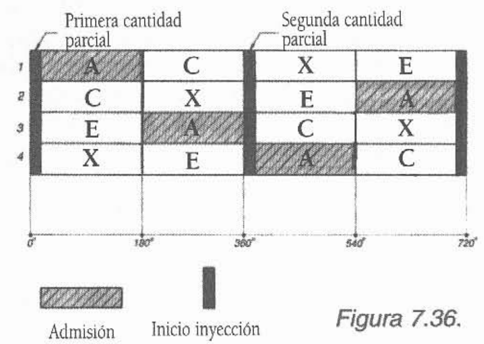
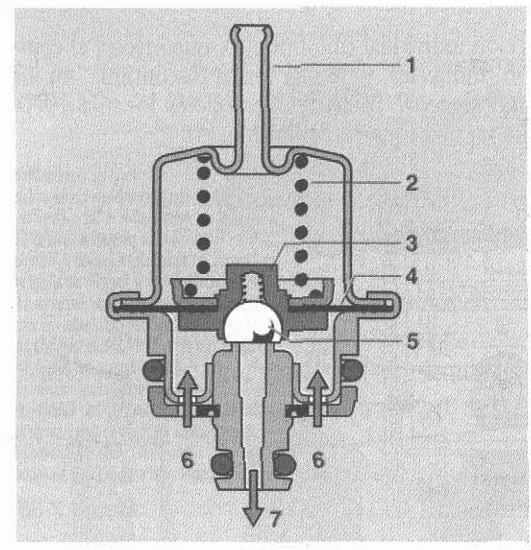


Figura 7.36.

Descripción de los elementos de la inyección L-Jetronic

Regulador de Presión de combustible DR2.- (Fig. 7.37)



1 Empalme al tubo de admisión. 2 Resorte. 3 Portaválvula. 4 Membrana. 5 Válvula. 6 Entrada de combustible. 7 Retorno de combustible.

Figura 7.37.

Distinto de los modelos explicados, consta de una cápsula dividida en dos partes por una membrana, una cámara es de presión y la otra tiene el muelle de regulación de presión 2. A través de un portaválvula 3 dentro de la membrana, el resorte empuja una placa de válvula móvil contra un asiento de válvula. Cuando la fuerza ejercida por la presión de combustible sobre la membrana es mayor que la fuerza del resorte, se abre la válvula y deja pasar hacia el depósito justamente la cantidad de combustible necesaria para que se establezca un equilibrio de fuerzas en la membrana.
La cámara de resorte comunica neumáticamente con el colector de admisión, detrás de la mariposa de aire. Así en la membrana existe la misma presión que en las válvulas de inyección. Por ello la presión en las válvulas de inyección depende únicamente de la fuerza del muelle y de la superficie de la membrana, manteniéndose constante.

Inyectores.- Son válvulas electromagnéticas de inyección, (Fig 7.38 y 7.39), inyectan en el tubo de admisión y se activan por la unidad de control quién decide la cantidad adecuada de combustible en cada momento.

Estructura y funcionamiento.- En la figura 7.38 se describen los elementos que integran una válvula electromagnética. Cuando la bobina está sin corriente, el muelle y la fuerza de la presión del combustible aprietan la aguja de la válvula con la bola de obturación contra el asiento de válvula cónico. Cuando la bobina recibe corriente se origina un campo magnético que atrae la armadura del electroimán siendo ésta armadura la aguja de la válvula. La bola de obturación se separa del asiento de la válvula y se inyecta el combustible. Cuando se desconecta la corriente se cierra de nuevo la aguja de la válvula por la fuerza del muelle.

La pulverización de combustible se efectúa mediante un disco con varios orificios pulverizadores. El disco no es afectado por los sedimentos que pueda llevar la gasolina.
La válvula se introduce en el orificio que existe en el colector de admisión asentando mediante la interposición de un anillo de estanqueidad. La cantidad de gasolina inyectada por unidad de tiempo depende:

- De la presión que existe en el sistema de combustible.
- La contrapresión en el tubo de admisión
- Las condiciones en la zona de salida de combustible.

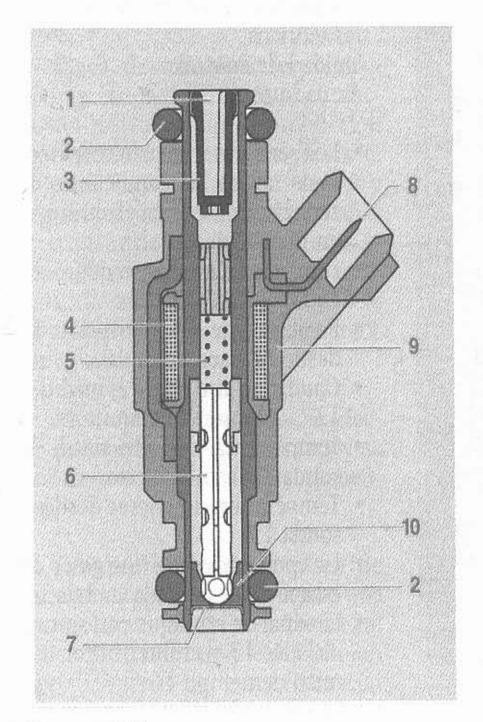


Figura 7.38.

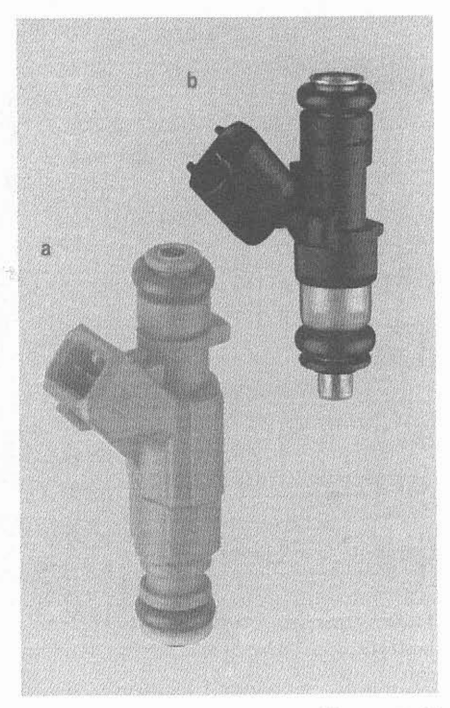


Figura 7.39

1. Conexión hidráulica. 2. Anillos estanqueizantes (juntas toroidales), 3. Tamiz. 4. Bobina. 5. Muelle. 6. Aguja de válvula con armadura de electroimán y bola de obturación. 7. disco con orificio de pulverización. 8. Conexión hidraúlica. 9. Cuerpo de válvula. 10. Asiento de válvula.
a) EV6 estándar. b) EV14 compacta.

Formas de construcción.- La válvula de inyección EV6 es una válvula estándar para los sistemas actuales de inyección. Son de poco peso y dimensiones reducidas, tiene un buen comportamiento ante el calentamiento de la gasolina no dejando que se formen burbujas de vapor lo que favorece la construcción de sistemas de inyección sin retorno, en los que la temperatura del combustible es superior a los sistemas con retorno.

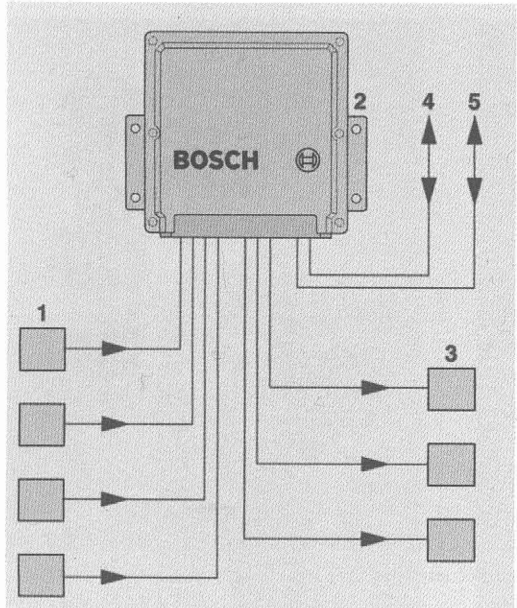
La pulverización es conseguida por discos que tienen diez y hasta doce orificios produciéndose una niebla de combustible finamente pulverizada.

Unidad de Control

Es el puesto central desde el cual se regulan las funciones de un sistema electrónico en el vehículo motorizado. Al desarrollar las unidades de control se tiene en cuenta un alto grado de calidad y fiabilidad.

Esquema general.- (Fig 7.40)

El sistema electrónico se compone de:



1 Sensores y transmisores de valores teóricos (señales de entrada) 2 Unidades de control 3 Elementos actuadores 4 Interface hacia otros sistemas 5 Interface de diagnosis

Figura 7.40.

Sensores y transmisores de valores teóricos.
Unidad de control.
Actuadores.

- Los sensores y transmisores teóricos miden las condiciones de servicio del sistema electrónico, en nuestro caso:
- rpm desde el distribuidor (17 en la figura 7.35).
- Posición de la mariposa 11 desde su interruptor 10.
- Caudal de aire desde el medidor 12
- Temperatura del aire desde la sonda del caudalímetro.
- Temperatura del motor desde la sonda 15.
- La composición de los gases de escape desde la sonda lambda 14.
- La señal de arranque con su caja de relés 13 y el interruptor térmico de tiempo 16.
- La corriente de la batería.

Éstas señales se evalúan y procesan en la unidad de control. Los elementos Actuadores 3 de la (Fig 7.40), como son la bobina de encendido o las válvulas de inyección, convierten las señales eléctricas de salida de la unidad de control en señales mecánicas.

Desarrollo del Hardware de la U.C.- En el inicio del proyecto se confecciona un diagrama de bloques donde están descritas todas las funciones que ha de cumplir la unidad de control a desarrollar.

Para dar una idea de la construcción de una unidad de control se puede examinar la (Fig 7.41).

En **a** se confecciona un **Esquema de conexiones y lista de piezas**, en la lista de piezas se tiene en cuenta:
La dimensión del elemento.
La agrupación y ocupación de los conectores
La caja y las condiciones de suministro del proveedor de elementos.

Boceto o Layout.- En esta fase se interpretan los datos y las formas de conexiones, se produce la unión de elementos entre si.

Placa de circuitos impresos.- Con los datos del Layout se confeccionan películas para la producción de placas de circuitos impresos **c**, (Fig 7.41), las películas se revelan y se graban al ácido. Las diversas capas de la placa de circuitos impresos se ponen una encima de otra y se templan. Al conjunto se le aplica a la placa, la impresión de los elementos y una laca de carbono.

Montaje del modelo.- Se efectúa por medio de un autómata y se efectúa la soldadura de los elementos.

Comprobación de la placa de circuitos impresos.- Se efectúa una comprobación eléctrica mediante un test en ordenador donde se elaboran especificaciones de ensayo que examinan la integridad del sistema y la funcionabilidad de los circuitos.

Se ejecutan unas tomas termográficas de la placa de circuitos impresos mostrando el calor de los elementos constitutivos durante su funcionamiento, (Fig 7.42).

Mediciones de la compatibilidad electromagnética.- Se efectúan en una sala o célula de compatibilidad electromagnética, (Fig 7.43) para verificar el comportamiento de la unidad de control, frente a radiaciones e irradiaciones electromagnéticas. Se realizan mediciones previas en el laboratorio y después en el vehículo.

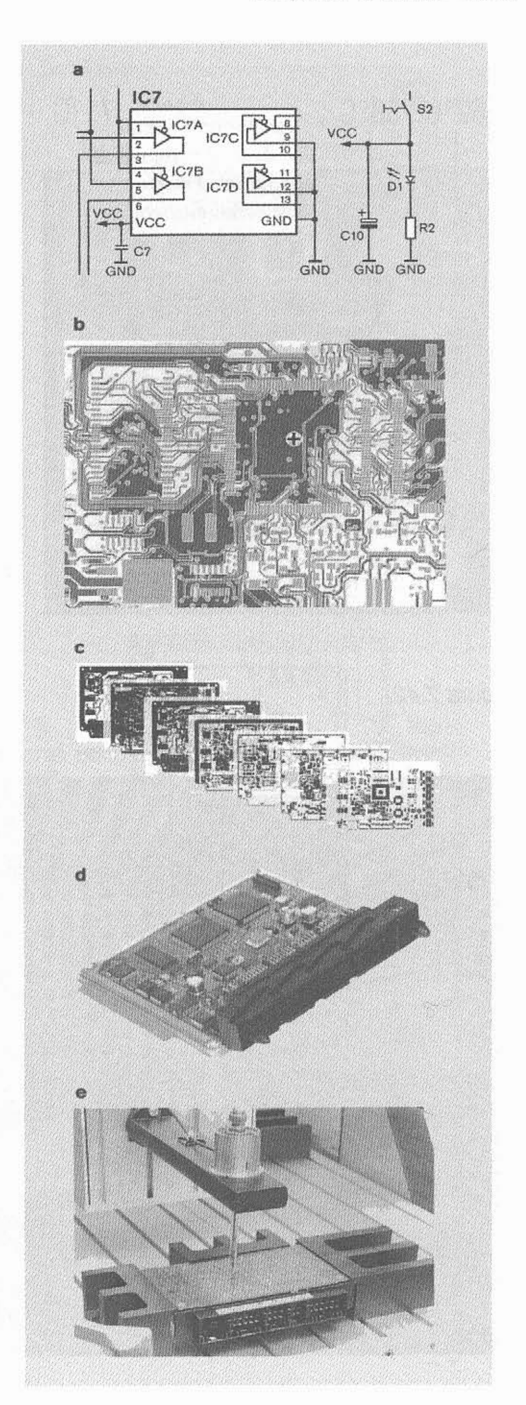


Figura 7.41.

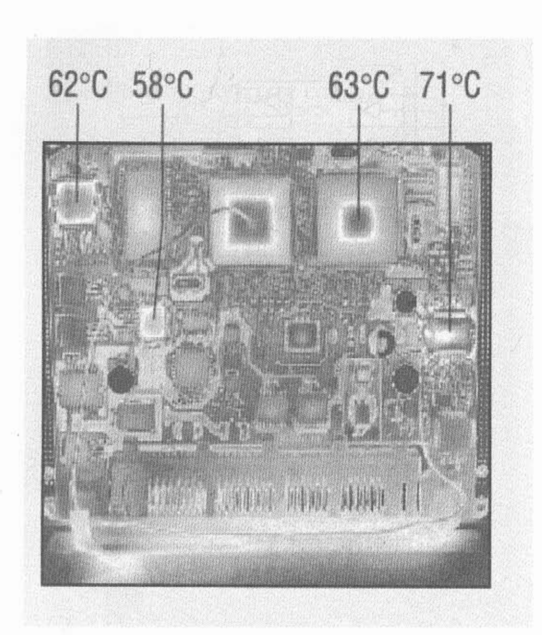


Figura 7.42.

Medidor de caudal de aire.- Llamado también " caudalímetro ", (Fig 7.44), tiene la misión de informar a la unidad de control de la cantidad de aire que aspira el motor para que, analizando además informaciones sobre la temperatura del mismo decida la cantidad de gasolina a inyectar.

Situado en el colector de admisión antes de la mariposa que acciona el acelerador, tiene una doble pared de forma rectangular que obtura el paso de aire. Una pared 1, es accionada por el aire que entra en el colector mandando en su giro 3, un potenciómetro que transmite la información a la unidad de control. La válvula 2, evita lecturas erróneas por alguna sobrepresión accidental en el colector o por alguna explosión eventual hacia el colector de admisión.

Vehículo en la sala de mediciones de compatibilidad electromagnética

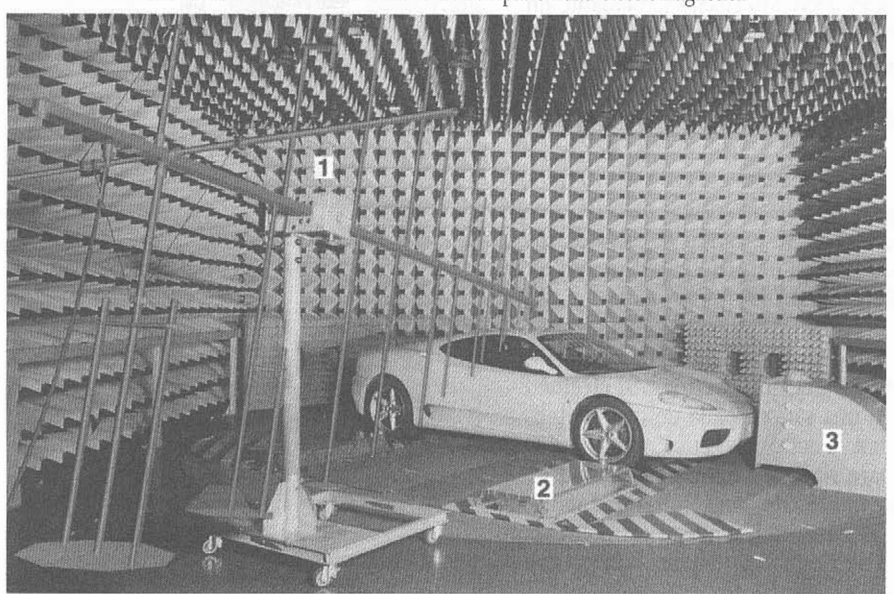


Figura 7.43.

La otra pared 4, es un amortiguador de los movimientos de la primera, evitando la apertura rápida e incontrolada, actúa ayudada por una cámara de compensación 5.

Existe un conducto lateral 6, que permite el paso de aire punteando la trampilla1, regulado por un tornillo de reglaje 7. El sistema se complementa con un sensor de temperatura 8 situado en la entrada de aire.

Potenciómetro mandado por el Caudalímetro.- (Fig. 7.45 y 7.46).

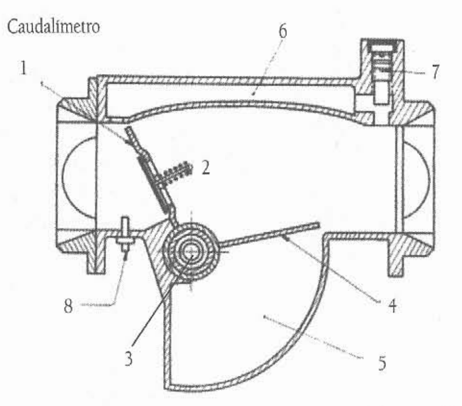


Figura 7.44.

Esquema de un potenciómetro

Figura 7.45.

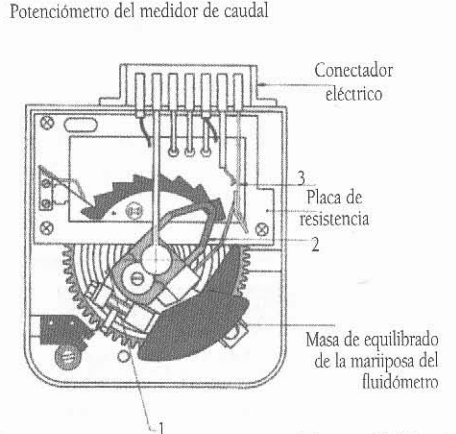


Figura 7.46.

El giro de la doble pared de la (Fig 7.44), acciona en su eje un muelle en espiral 1, en la (Fig. 7.46), que se opone a los movimientos del cursor 2, movido por el eje. El cursor hace contacto en su desplazamiento en los bornes de unas resistencias variables, reostato, cuyo esquema se ve en la (Fig 7.45), la cantidad de resistencias que conecte el ruptor van a determinar la señal eléctrica que se mande a la unidad de control y todo ello en función del movimiento del eje de la doble pared que ocasione el paso de aire aspirado. La unidad de control mandará una cantidad de combustible de acuerdo con la señal recibida. El cursor manda también la conexión 3 que pone en funcionamiento a la bomba de gasolina; su funcionamiento no dependerá de la actuación de la llave de contacto, sino del funcionamiento del motor, lo que es una ventaja en caso de accidente, la bomba dejará de funcionar cuando se pare el motor y no mientras se encuentre encendida la llave de contacto.

Caja de contactos de la mariposa.- (Fig 7.45)

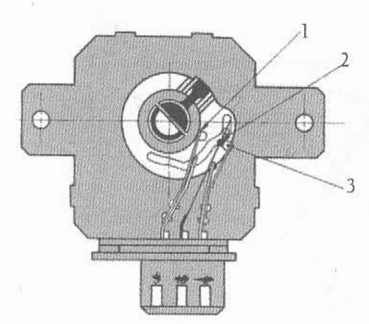


Figura 7.47.

Montada en un extremo del eje de la mariposa que manda el pedal del acelerador, es accionada por el eje. Informa a la unidad de control de los deseos del conductor traducidos en el movimiento que éste hace en el pedal del acelerador. Cuando el conductor pisa el acelerador, actúa sobre la mariposa de paso de aire en el colector de admisión, la posición de la misma es transmitida a la unidad de control por medio de la caja de contactos de la mariposa.

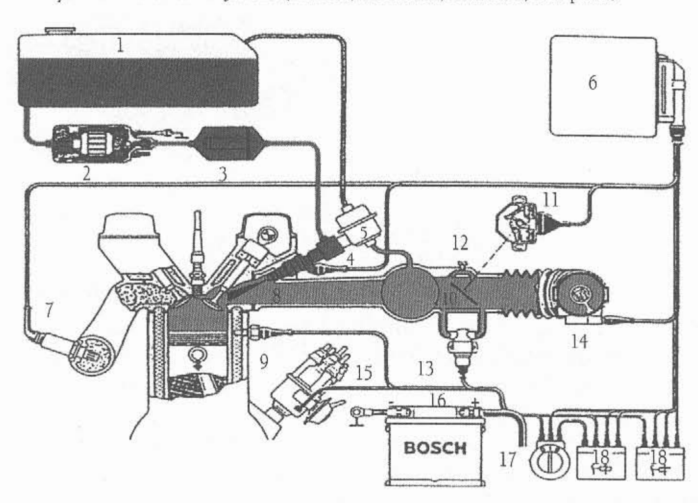
Tiene tres contactos fijos y uno móvil, los tres contactos fijos determinan la información sobre las marchas a Ralentí 1, Medios gases 2 y Plenos gases 3. El apoyo del contacto móvil sobre cualquiera de ellos es transmitido a l unidad de control.

El sistema L-Jetronic lleva también sonda lambda y mando adicional de aire ya descritos en los K-Jetronic y KE-Jetronic.

Inyección LH-Jetronic

Es un sistema de inyección indirecta, discontinua, simultánea, igual que el L-Jetronic , pero con algunas particularidades. (Fig 7.48).

Inyección electrónica L-H Jetronic (indirecta, discontinua, simultánea, multipunto)



1 Depósito 2 Electrobomba 3 Filtro 4 Rampa de alimentación 5 Regulador de presión 6 UCE 7 Sonda lambda 8 Inyector 9 Sonda de temperatura motor 10 Mariposa 11 Caja de contactos de mariposa 12 Tornillo de ajuste de ralentí 13 Electroválvula de paso adicional de aire 14 Caudalímetro de aire 15 Distribuidor 16 Batería 17 Antirrobo 18 Cajas de relés

Figura 7.48.

Caudalímetro.- En la inyección L-Jetronic, la medida del aire de entrada la proporcionaba una pared giratoria situada en la entrada del colector cuyo eje accionaba un potenciómetro que mandaba la información a la unidad de control. En este sistema se suprime todo elemento mecánico de medición y se coloca en la entrada del aire un hilo de platino, conectado a un circuito eléctrico, (Fig 7.49), se mantiene a una temperatura superior a la del aire aspirado. El aire tiende a enfriar el hilo, que en función de la disminución de temperatura aumenta el paso de la corriente para mantenerse a la misma que tenía, las variaciones de corriente son examinadas por la unidad de control, para impartir órdenes de salida de datos a los elementos actuadores.

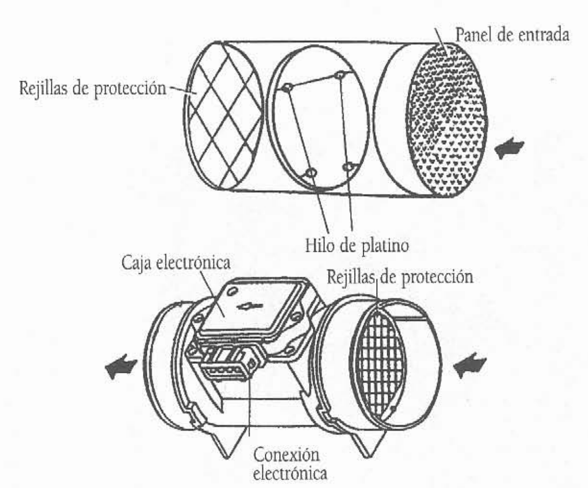


Figura 7.49.

Las ventajas de este sistema son importantes: reducción de piezas y por tanto sencillez de mecanismos, medición instantánea con rápidas respuestas del motor.

Control de la marcha lenta.- La válvula de paso de aire situada en la tubería que puntea la mariposa de aire mandada por el pedal de acelerador, está gobernada por un motor de pasos de corriente contínua (Fig. 7.50), que recibe corriente de la unidad de control.

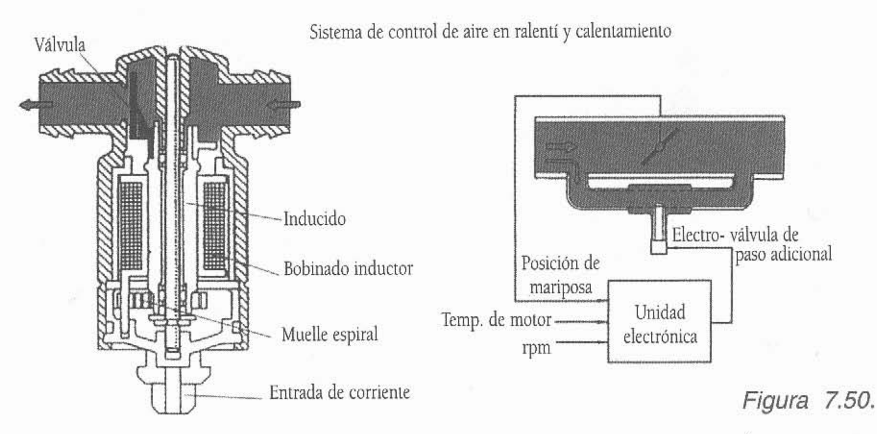


Figura 7.50.

Sistema de inyección Motronic.- Es también un sistema de inyección indirecta, discontínua, simultánea y multipunto, al igual que los sistemas L-Jetronic y LH-Jetronic.

Ofrece la innovación de integrar en la unidad de control los sistemas de inyección y de encendido, (Fig. 7.51), en la figura se ve un sistema de encendido totalmente electrónico (VZ), con inyección directa de gasolina, en nuestro caso estamos estudiando los sistemas de inyección indirecta de la gasolina, pero la integración de los sistemas de inyección y encendido, Motronic, son igual que el sistema representado.

Dibujo seccional de un motor de cuatro cilindros de inyección directa de gasolina y encendido totalmente electrónico

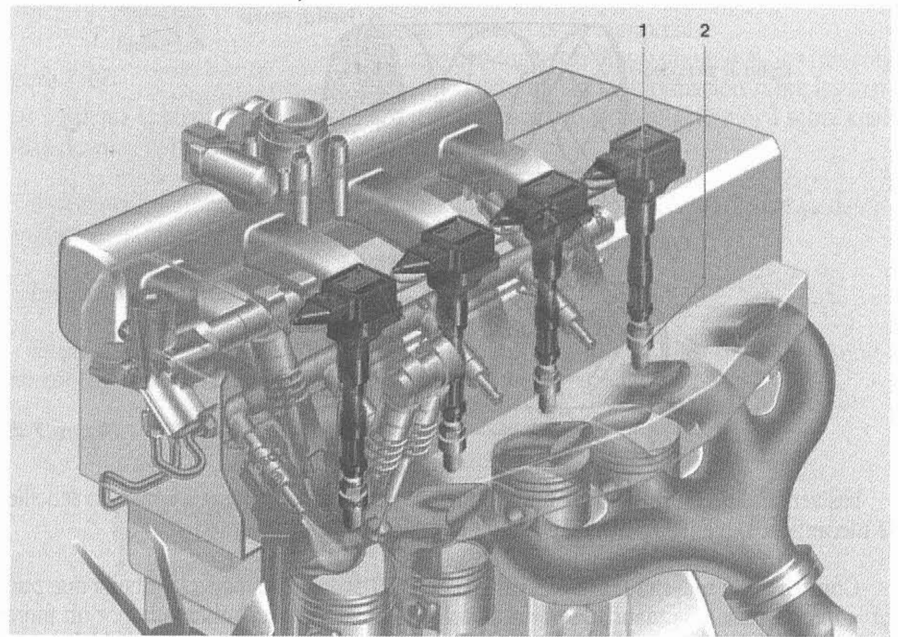


Figura 7.51.

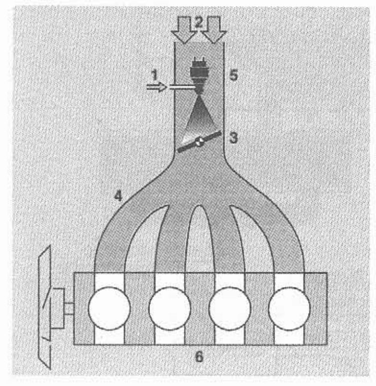


Figura 7.52.

La distribución de la tensión no se efectúa mecánicamente, sino de modo exclusivamente electrónico en la unidad de control del encendido (distribución estática de la tensión). No hay ninguna pieza del encendido que pueda ser afectada por el desgaste.

B) Inyección central

En éste sistema existe una válvula de inyección única en el tubo central del colector de admisión que inyecta a todos los cilindros de forma intermitente, (Fig 7.52). Existen dos sistemas:

- Bosch Mono-Jetronic.
- Bosch Mono-Motronic.

Bosch Mono-Jetronic.- (Fig 7.53)

En la figura puede observarse que los componentes son similares a los sistemas de inyección L-Jetronic, para llevar el combustible y componentes eléctricos de regulación y sondas de información a la unidad de control que suele estar integrada para mandar la cantidad a inyectar y la chispa de encendido a producir, del tipo Motronic explicado.

Esquema del sistema de inyección Mono-Jetronic

1. Bomba de gasolina.
2. Depósito
3. *Filtro.*
4. Válvula de inyección.
5. Regulador de presión.
6. Colector de admisión.
7. Bujía.
8. Válvula de admisión.
9. Válvula de escape.
10. UEC.
11. Distribuidor.
12. Sonda de temperatura.
13. Filtro de aire.
14. *Sonda de temperatura del aire.*
15. Caja de contactos de la mariposa.
16. Conector de la vávula de inyección.
17. Termoactuador.
18. Sonda Lambda.
19. Batería.
20. Llave de contacto.
21. Caja de relés.

Figura 7.53.

La gran diferencia es la sustitución de los inyectores por una sola válvula de inyección para todos los cilindros, (Fig 7.54). Sistema sencillo pero con más pérdidas de gasolina que los inyectores multipunto de los sistemas explicados, se usa en motores de menos costo y potencia.

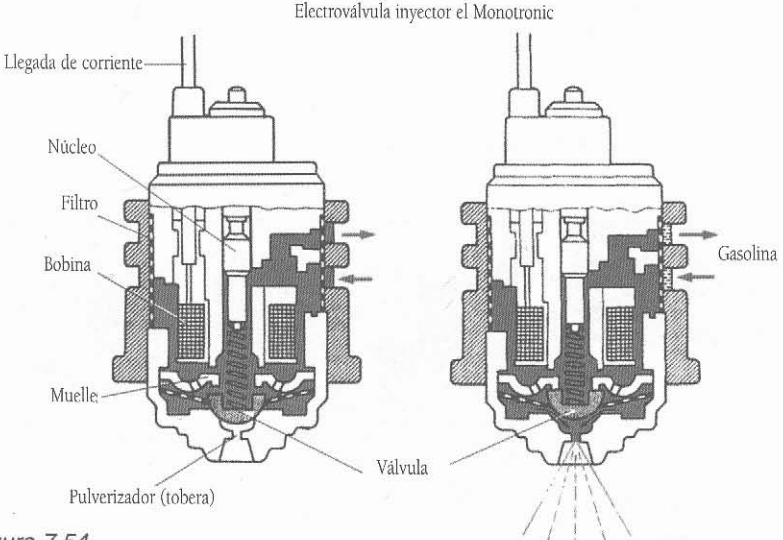


Figura 7.54.

Bosch Mono-Motronic.- Sistema más perfeccionado que el anterior, en la (Fig 7.55) se puede ver el aspecto real del sistema, tiene los mismos elementos, inyector central, caudalímetro de hilo caliente, unidad de control, inyector, motor de pasos para el control de ralentí y regulador de presión. El perfeccionamiento con respecto al sistema Mono-Jetronic está en la unidad de control integrada para los sistemas de encendido e inyección.

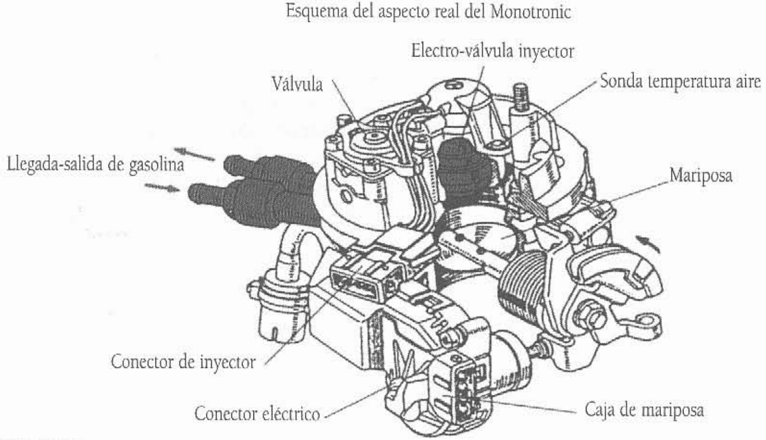


Figura 7.55.

2.2.2. Formación interna de la mezcla

2.2.2.1. Inyección directa de gasolina

Los motores de inyección directa de gasolina forman la mezcla de aire y gasolina en la cámara de explosión. El motor aspira aire a través de la válvula de admisión y el combustible se inyecta dentro mediante inyectores especiales.

Vista general

La demanda de motores potentes con bajo consumo condujo al redescubrimiento de la inyección directa de gasolina. En 1937 se construyó un sistema mecánico de gasolina, de constitución similar a las bombas en línea Diesel, que se empleó en aviación, en 1951 se montó en serie un motor de dos tiempos con inyección directa de gasolina en un turismo. En 1954 el motor del Mercedes 300 SL salió con motor de 4 tiempos e inyección directa mecánica de gasolina.

La costosa construcción y los inconvenientes que se presentaban en el empleo de materiales necesarios de alta tecnología impidieron que durante mucho tiempo los sistemas de inyección directa de gasolina se abrieran paso.

En la actualidad se ha vuelto a desarrollar la inyección directa de gasolina con una concepción distinta en cuanto a elementos y modos de funcionamiento.

Modos de Funcionamiento

Se conocen seis modos de funcionamiento del sistema de inyección directa de gasolina (Fig. 7.56.).

- Funcionamiento con carga estratificada
- Funcionamiento con mezcla homogénea
- Funcionamiento con mezcla homogénea pobre
- Funcionamiento con mezcla homogénea y carga estratificada
- Funcionamiento con mezcla homogénea y carga estratificada antidetonante
- Funcionamiento con carga estratificada y calentamiento rápido del catalizador.

A Funcionamiento con mezcla homogénea de =1; este modo de funcionamiento es posible en todos los campos

B Funcionamiento con mezcla pobre o funcionamiento con mezcla homogénea >1 con AGR; este modo de funcionamiento también es posible en los campos C y D

C Funcionamiento con carga estratificada con AGR

Modos de funcionamiento con inyección doble:

C Funcionamiento con carga estratificada y calentamiento rápido del catalizador; igual campo que el de funcionamiento con carga estratificada con AGR

D Funcionamiento con mezcla homogénea y carga estratificada

E Funcionamiento con mezcla homogénea y carga estratificada antidetonante

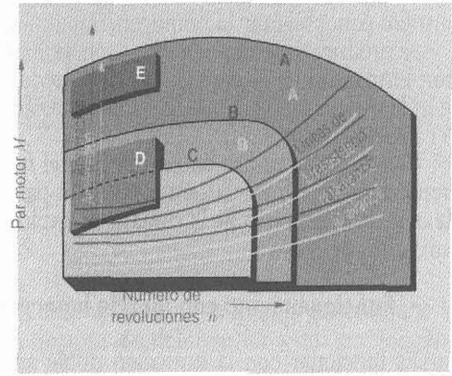


Figura 7.56.

- **Funcionamiento con carga estratificada**

Cuando el motor da un par bajo y hasta las 3000 rpm, funciona con carga estratificada. La válvula de inyección inyecta combustible durante la carrera de compresión poco antes del momento de encendido. La mezcla de aire y combustible es transportada hacia la bujía de encendido y debido al retardo de introducción del combustible no se reparte de forma uniforme en toda la cámara de explosión. En funcionamiento con carga estratificada la mezcla es muy pobre, Landa mucho mayor que 1, en el límite de la posibilidad de que la mezcla se pueda hacer explosionar.

El exceso de aire provoca la emisión de NOx, Nitróxidos que con una adecuada realimentación de gases de escape (AGR), se reducen al máximo.

- **Funcionamiento con mezcla homogénea**

Para conseguir mayor par motor y aumentar también las revoluciones, en lugar de carga estratificada se hace funcionar al motor con carga homogénea con un $\lambda = 1$. Con esta proporción el combustible y el aire se encuentran mezclados en cantidad y estado ideal para su explosión.

La inyección de combustible comienza al principio de la carrera de admisióndando tiempo después en la compresión a que se distribuya de forma uniforme en toda la cámara de explosión.

Este modo de funcionar es solicitado cuando se requiere un alto par motor y por ser estiquiométrica la mezcla de aire y gasolina, la emisión de gases contaminantes es baja.

- **Funcionamiento con mezcla homogénea pobre**

En el tránsito de funcionamiento con carga estratificada a mezcla homogénea, se puede hacer funcionar el motor con mezcla homogénea pobre ($\lambda > 1$). El consumo de éste modo es menor que con $\lambda \leq 1$, el par conseguido corresponde a la curva B de la figura 7.56, donde se puede apreciar la zona de actuación en cuanto a par y revoluciones en éste campo.

- **Funcionamiento con mezcla homogénea y carga estratificada**

Consiste en introducir durante la carrera de aspiración una inyección reducida de combustible para asegurar la homogeneización durante la carrera de compresión.

Se produce una segunda inyección al final de la compresión, 25 % de la inyección anterior, formándose una mezcla mas rica alrededor de la bujía. Esta carga formada en estratos se inflama fácilmente y puede encender a modo de antorcha el resto de la mezcla pobre de la cámara de explosión.

El sistema se utiliza en el tránsito del funcionamiento con mezcla estratificada a funcionamiento con mezcla homogénea. El par motor se equilibra mejor y por la formación de la mezcla del resto de la cámara de explosión, de un $\lambda > 1$, muy pobre, disminuyen las emisiones de NOx.

- **Funcionamiento con mezcla homogénea y carga estratificada antidetonante**

Es funcionar con la inyección doble anterior a plena carga se puede prescindir del retardo del encendido para evitar la detonación, debido a que la carga estratificada impide

la detonación. El ángulo de encendido puede ser favorable lo que supone un par motor más alto.

- **Carga estratificada y calentamiento rápido del catalizador**

Consiste en emplear el sistema de inyección doble inyectando carga estratificada con exceso de aire, se inyecta durante la compresión y otra vez durante la fase de trabajo. Esta última parte se inyecta muy tarde y calienta el colector de escape y por tanto el catalizador hasta temperaturas de más de 650° con el objetivo de eliminar el azufre del catalizador altamente contaminante.

2.3. Alimentación de combustible

2.3.1.Componentes de la Inyección directa de gasolina (Fig 7.57)

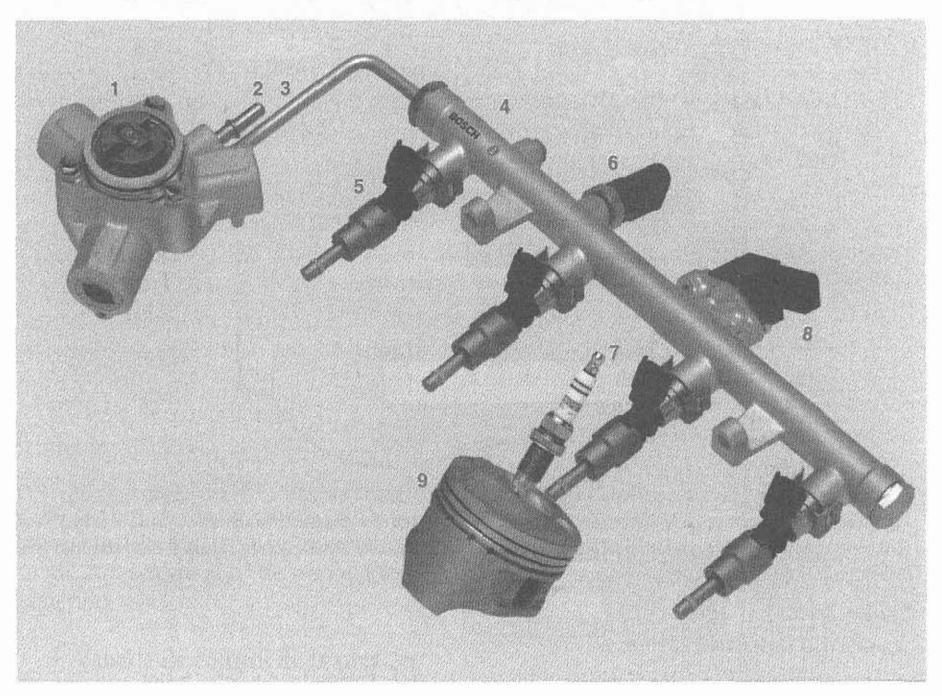


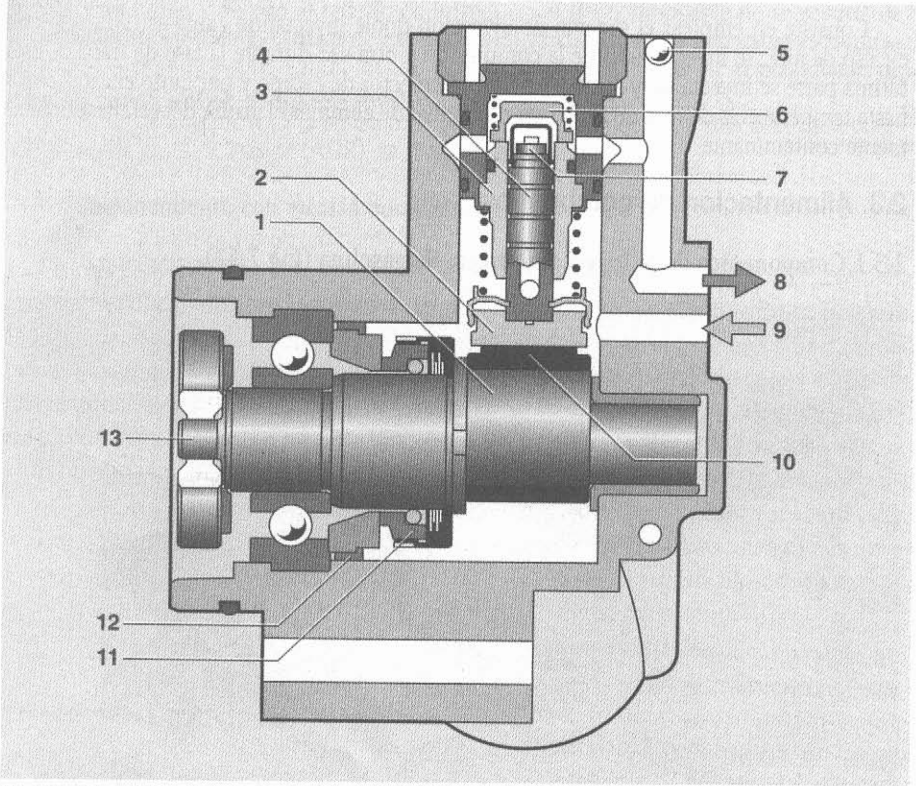
Figura 7.57.

- **Bomba de alta presión**

La bomba de alta presión HDP1, recibe el combustible de una bomba eléctrica que lo aspira del depósito de combustible y lo pone a disposición del inyector a una presión alta, no tanto como las presiones que se emplean en los Diesel, pero sí a unas 50 a 120 Atmósferas.

Al arrancar el motor el combustible se inyecta a una presión baja, la presión aumenta a medida que aumenta la velocidad de giro.

- **Bomba de tres cilindros HDP. Constitución (Fig 7.58 y 7.59)**



1 Excéntrica 2 Patín 3 Cilindro de bomba 4 Embolo de bomba (émbolo hueco, entrada del combustible) 5 Bola de cierre 6 Válvula de escape 7 Válvula de admisión 8 Empalme de alta presión hacia el raíl 9 Entrada de combustible (baja presión) 10 Anillo elevador 11 Junta de efecto axial (retén de anillo deslizante) 12 Junta estática 13 Eje de accionamiento

Figura 7.58.

La (Fig 7.58) muestra una sección longitudinal de la bomba y la (Fig 7.59) muestra una sección transversal de la misma. El árbol de levas del motor mueve el eje de accionamiento 3 que gira con la excéntrica 1 quién origina el movimiento ascendente y descendente del émbolo 4 dentro del cilindro de la bomba 3.

Durante el movimiento descendente del émbolo fluye combustible con presión baja de 3 a 5 atmósferas, por el interior del émbolo hueco a través de la válvula de admisión 7, al cilindro de la bomba 3.

En el movimiento ascendente del émbolo se comprime este volumen de líquido y al conseguirse la presión conveniente para el rail, (50 a 120 Atmósferas) se abre la válvula de escape 6 y el combustible es mandado hacia la salida de alta presión 8.

(Números de posición idénticos a los de la figura 7.58.)
1 Excéntrica 2 Patín 3 Cilindro de bomba 4 Émbolo de bomba 6 Válvula de escape 7 Válvula de admisión 10 Anillo elevador

Figura 7.59.

Mediante el empleo de tres cilindros dispuestos y desplazados 120° como se ve en la (Fig. 7.59), se evitan pulsaciones residuales en el rail y se proporciona caudal con arreglo al nº de revoluciones requerido.

• **Válvula de control de la presión (Fig 7.60)**

Está dispuesta entre el rail de unión a los inyectores y la conexión de baja presión de la bomba de alta presión. Ajusta la presión deseada en el rail mediante una reducción del paso del mismo, dirigiendo el exceso al circuito de baja presión de la bomba.

Vista en sección de la válvula de control de presión

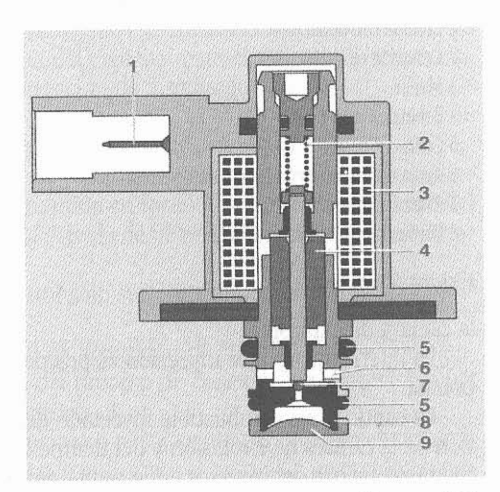
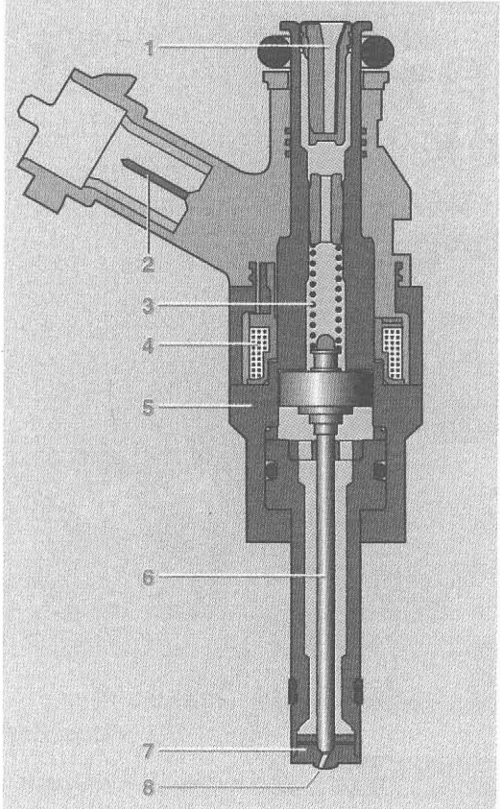


Figura 7.60.

Estructura de la válvula de inyección a alta presión.



1 Entrada con tamiz fino
2 Conexión eléctrica
3 Muelle
4 Bobina
5 Cuerpo
6 Aguja del inyector con armadura de electroimán
7 Asiento de válvula
8 Ortificio de salida de la válvula

Figura 7.61.

- **Estructura y funcionamiento**

Una señal eléctrica procedente de la unidad de control acciona la bobina 3 y a través de la bola de la válvula 7, se produce la variación de paso hacia el circuito de baja presión.

La válvula de control de la presión está cerrada mientras no pasa corriente, para que exista una presión en el rail de comunicación con los inyectores.

- **Válvula de inyección a alta presión**

Dosifica el combustible y logra mediante su pulverización una mezcla de combustible y aire que es encauzada hacia la zona determinada de la cámara de combustión.

Según el modo de funcionamiento el combustible lo dirige mezclado con el aire en capas, carga estratificada, mandándolo al lado de la bujía o lo dirige a la totalidad de la cámara de explosión pulverizándolo de forma homogénea.

- **Estructura y funcionamiento (Fig 7.61)**

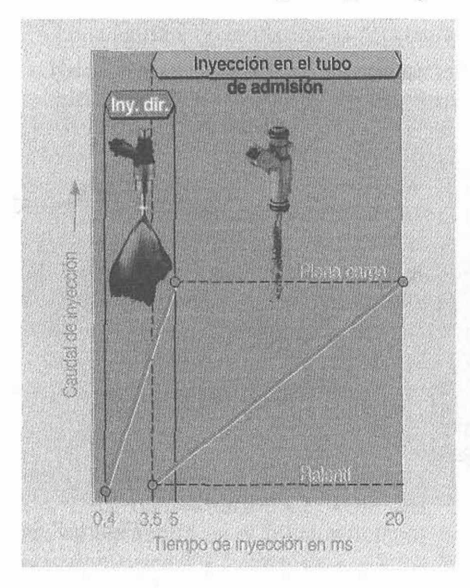
En la leyenda de la figura se determinan los componentes que la forman. Cuando la bobina 4 es conectada a la corriente eléctrica atrae la válvula de aguja 6, levantándola de su asiento, venciendo la acción del muelle 3 y dejando libre el orificio de salida 8. Según la diferencia de presiones entre la que existe en el rail y la que hay en el interior del cilindro se introduce en la cámara de explosión.

La interrupción de la inyección es prácticamente instantánea al cesar la corriente en la bobina.

La cantidad de combustible inyectado depende de la presión del rail, de la contrapresión en la cámara de explosión y del tiempo que dure la corriente en la bobina 4.Una adecuada geometría del inyector en la punta de salida hace que la pulverización del combustible sea muy buena.

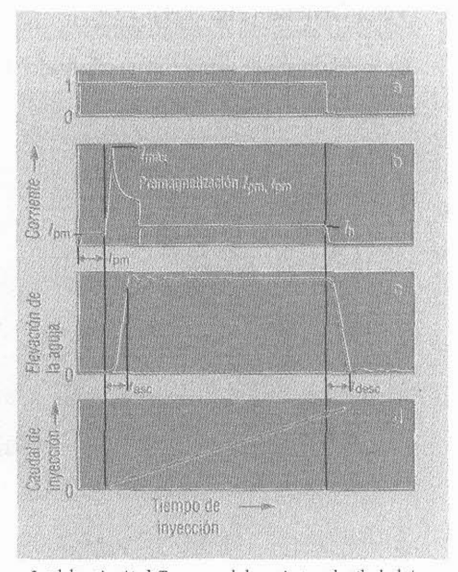
La inyección directa de la gasolina el combustible entra con más rapidez, más exactitud y con una formación más adecuada del chorro.

En la (Fig 7.62) se compara la inyección directa con la inyección en el tubo de admisión. En ésta última a una velocidad de 6.000 rpm la inyección dura 20 milisegundos (ml), existen dos vueltas del cigüeñal para inyectar el combustible en el tubo de admisión.



Caudal de inyección como función del tiempo de inyección

Figura 7.62.



a Señal de activación b Trnascurso de la corriente en la válvula de inyección EV6 c Carrera de la aguja d Caudal de combustible inyectado

Figura 7.63.

En la inyección directa hay una disposición de tiempo mucho menor. Para el funcionamiento con distribución homogénea hay que inyectar el combustible durante la carrera de admisión, por lo que sólo hay media vuelta del cigüeñal para el proceso de inyección. A 6.000 rpm corresponde una duración de inyección de 5 milisegundos.

- **Activación de la válvula de inyección a alta presión**

Para garantizar un proceso de inyección definido en los modos de funcionamiento del sistema de inyección directa, hay que activar la válvula de inyección con un complejo recorrido de la corriente figura 7.63.

El microcontrolador de la unidad de control solo suministra una señal digital de activación (a).

Un condensador Booster produce la señal de activación de 50 a 90 Voltios. Esta tensión ocasiona una alta corriente al comienzo del proceso de conexión y proporciona una rápida elevación de la aguja de la válvula (esquema c).

Una vez abierta la válvula una pequeña corriente es suficiente para mantener constante la elevación de la aguja de la válvula y en estas condiciones el caudal de inyección es proporcional a la duración de la inyección (esquema d).

2.4 DEPURACIÓN CATALÍTICA DE LOS GASES DE ESCAPE

La legislación sobre gases de escape establece límites para la emisión de contaminantes producidos durante la combustión en el motor de gasolina. Es preciso adoptar medidas para poder conservar estos límites.

Vista General (Fig.7.64)

Tramo del sistema de escape con un caltalizador de tres vías montado cerca del motor y sonda lambda.

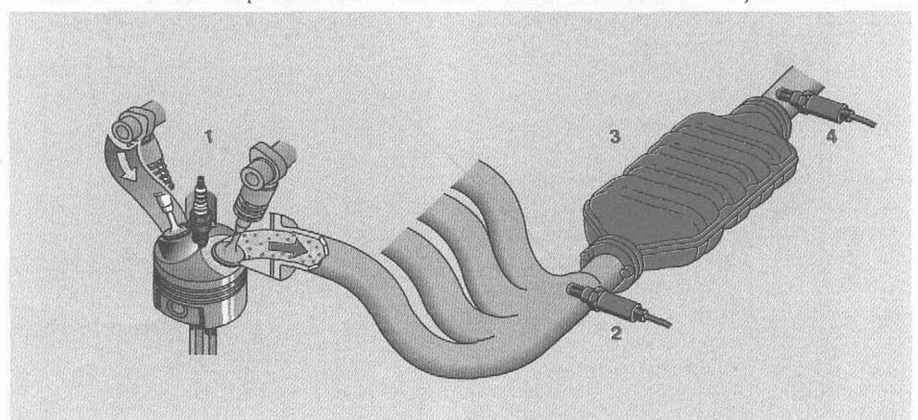


Figura 7.64.

Los gases de escape llegan al catalizador situado a la salida de los colectores, en el interior del catalizador existen unos recubrimientos que transforman las sustancias contaminantes en inofensivas mediante unas reacciones químicas. Las sondas Lambda 2 y 4 miden el oxígeno residual contenido en los gases de escape. La información del contenido se manda a la unidad de control, quién ajustará la mezcla de aire y combustible.

Catalizador de Oxidación.- Es uno de los primeros catalizadores utilizados y convierte los hidrocarburos y el monóxido de carbono contenido en los gases de escape, por oxidación, en vapor de agua y dióxido de carbono. El oxígeno necesario para la oxidación se obtiene insuflando aire en el escape delante del catalizador. Los óxidos de nitrógeno no pueden ser transformados. Se utilizaron por primera vez en 1975, para cumplir con la legislación del momento. En la actualidad estos catalizadores son raramente empleados, por ser exclusivamente oxidantes.

Catalizador de tres vías

Es una parte importante en el sistema de depuración de los gases de escape en cualquier sistema de inyección que se emplee.

Su función es convertir los tres componentes contaminantes HC (hidrocarburos), CO (monóxido de carbono) y NOx (óxidos de nitrógeno) producidos durante la combustión de la mezcla de aire y combustible, en componentes inofensivos. Como productos finales se originan H_2O (vapor de agua), CO_2 (dióxido de carbono) y N_2 (nitrógeno).

En la figura 7.65 se ven las ecuaciones de las reacciones en el catalizador de tres vías. La conversión de los contaminantes se efectúa en dos fases: El monóxido de carbono CO y los hidrocarburos CH se transforman por oxidación (ecuación 1 y 2). El oxígeno necesario para la oxidación o está en los gases de escape como oxígeno residual a causa de una combustión incompleta, o se toma de los óxidos de nitrógeno, que de este modo son reducidos como se ve en las ecuaciones 3 y 4.

En la figura 7.66 se observa la concentración de contaminantes en los gases de escape.

La concentración de contaminantes en los gases de escape dependen del coeficiente de aire λ ajustado, *figura 7.66 a*. La cuota de conversión de hidrocarburos HC y de monóxido de carbono se incrementa constantemente a medida que aumenta el coeficiente de aire, (Fig. 7.66 b). Con $\lambda = 1$, la parte de esos componentes es muy pequeña. Con un coeficiente de aire $\lambda > 1$, la concentración de esos contaminantes permanece a este bajo nivel.

La conversión de los óxidos de nitrógeno es aceptable con mezclas ricas $\lambda < 1$. La concentración de NOx mas baja se encuentra en el funcionamiento estiquiométrico $\lambda = 1$, cuando $\lambda > 1$ los óxidos de nitrógeno aumentan de forma considerable.

Para que el catalizador de tres vías tenga un alto grado de rendimiento y consiga una buena cota de transformación de los tres componentes contaminantes, es necesario que se encuentren *en un buen equilibrio químico.* Esto exige una composición de la mezcla en la relación estiquiométrica de $\lambda = 1$. La ventana o campo de regulación lambda *en la que ha de encontrarse el circuito* de regulación de aire y combustible, es muy pequeña. La regulación lambda proporciona a la unidad de control de la composición de los gases de escape, para que la misma consiga una regulación λ dentro de los límites y próximo a $\lambda = 1$.

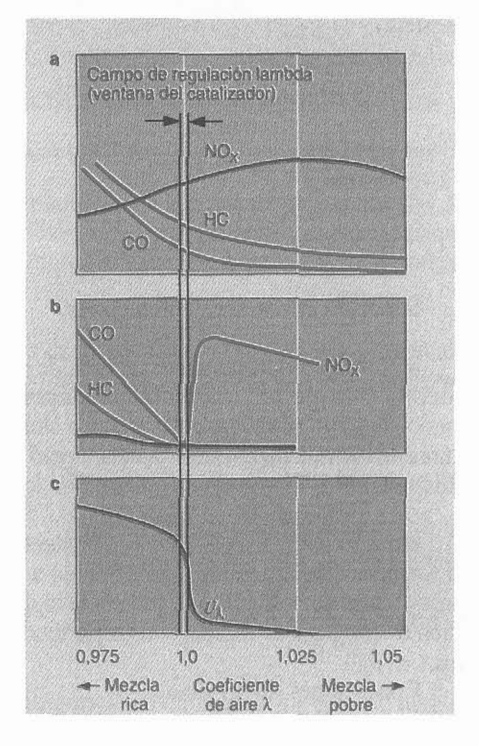
(1) $2\,CO + O_2 \rightarrow 2\,CO_2$

(2) $2\,C_2H_6 + 7\,O_2 \rightarrow 4\,CO_2 + 6\,H_2O$

(3) $2\,NO + 2\,CO \rightarrow N_2 + 2\,CO_2$

(4) $2\,NO_2 + 2\,CO \rightarrow N_2 + 2\,CO_2 + O_2$

Figura 7.65.

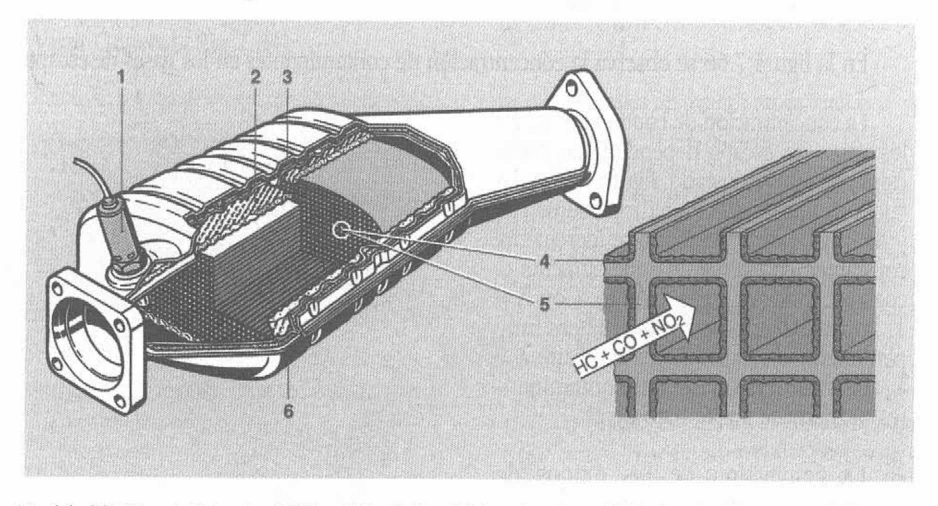


a Antes del tratamiento ulterior catalítico (gases de escape brutos) b Después del tratamiento ulterior catalítico c Curva característica de tensión de la sonda lambda de los puntos

Figura 7.66.

Estructura

En la figura 7.67, se representa un catalizador de tres vías con sonda lambda. Un recipiente de chapa de acero 6 envuelve al conjunto, el soporte 5 y el recubrimiento catalítico de metal precioso 4 se encuentran en su interior.



1 Sonda lambda 2 Estera de hinchamiento 3 Cubierta doble calorífuga 4 Washcoat (capa soporte de Al_2O_3) con recubrimiento de metales preciosos 5 Soporte 6 Cuerpo

Figura 7.67.

Soporte.- Puede ser de dos clases:

Monolitos cerámicos.- Son cuerpos de cerámica atravesados por varios miles de canales pequeños que son recorridos por los gases de escape. La cerámica se compone de magnesio-aluminio-silicato y es resistente a altas temperaturas. El monolito se fija a la estructura mediante minerales de hinchamiento 2, que cuando se calientan se convierten en infranqueables a los gases de escape. Son los más empleados.

Monolitos mecánicos.- Son arrollamientos ondulados de una fina hoja metálica, soldados mediante altas temperaturas. Debido a la delgadez de las láminas se pueden disponer mas canales para una misma superficie lo que significa una menor resistencia a la circulación de los gases de escape, con mejor rendimiento en los motores.

Condiciones de servicio

La temperatura de funcionamiento del catalizador tiene mucha importancia en el funcionamiento para la conversión de las sustancias contaminantes y para la duración del mismo. La conversión de los contaminantes no se inicia hasta los 300° C y se consiguen altas cuotas de conversión hasta los 800° C.

El envejecimiento térmico aumenta de forma notable a partir de los 800° C por sinterización de los metales preciosos y de la capa del soporte del óxido de aluminio, lo que reduce la superficie activa. El tiempo de servicio tiene importancia en el funcionamiento del catalizador.

Combustible sin plomo

Los compuestos de plomo se posan en los poros de la superficie activa y reducen el recorrido de los gases de escape además de que el plomo ataca los compuestos metálicos del monolito.

Los residuos del aceite del motor también estropean el catalizador.

Catalizador acumulador de NOx

Función

En los modos de funcionamiento en mezcla pobre el catalizador de tres vías no puede transformar por completo los óxidos de nitrógeno (NOx) que se producen durante la combustión. El oxígeno para el proceso de oxidación del monóxido de carbono CO y de los hidrocarburos CH, se obtiene de la parte residual del contenido en los gases de escape, no de la descomposición del NOx, el catalizador acumulador de NOx descompone los óxidos de otra forma.

Estructura y recubrimiento

El catalizador acumulador de NOx está estructurado de forma similar al de tres vías. Se complementa el recubrimiento de platino, paladio y rodio, con aditamientos especiales que pueden acumular los óxidos de nitrógeno, se emplea el óxido de potasio, calcio, estroncio, circonio, lantano o bario.

Funcionamiento.- Cuando la composición de los gases de escape tiene la proporción de $\lambda = 1$, actúa como un catalizador de tres vías. Transforma los óxidos de nitrógeno NOx aunque no de forma continuada como el CO y el CH, la transformación ocurre en tres etapas:

1. Acumulación de NOx
2. Desacumulación de NOx
3. Transformación.

Ecuación de las reacciones en la fase de acumulación de NOx (1), fase de desacumulación (2) y transformación 83).

(1) $2\,BaO + 4\,NO_2 + O_2 \rightarrow 2\,Ba(NO_3)_2$

(2) $Ba(NO_3)_2 + 3\,CO \rightarrow 3\,CO_2 + BaO + 2\,NO$

(3) $2\,NO + 2\,CO \rightarrow N_2 + 2\,CO_2$

Figura 7.68.

Acumulación de NOx

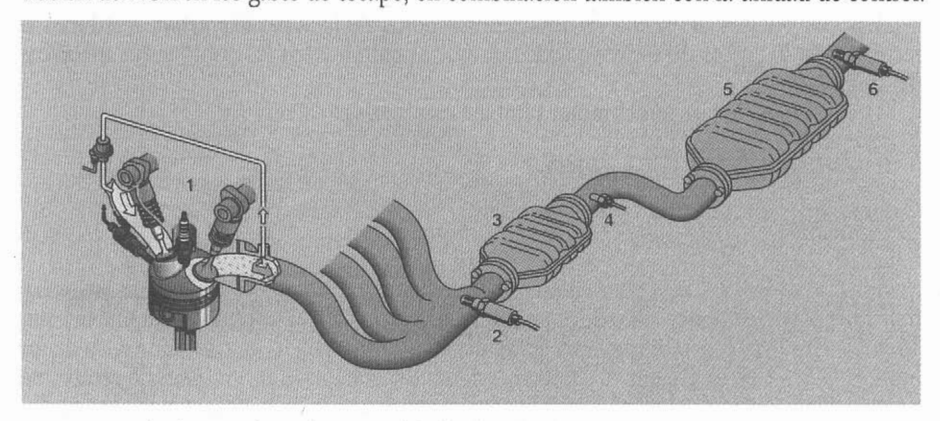
Los óxidos de nitrógeno son oxidados de modo catalítico por la acción del platino convirtiéndose en dióxido de nitrógeno (NO_2). A continuación el NO_2 reacciona con los óxidos especiales de la superficie del catalizador y oxígeno O_2 convirtiéndose en nitratos, (el NO_2 forma con el óxido de bario BaO el compuesto químico de nitrato de bario $Ba(NO_3)_2$, ecuación 1 de la (Fig 7.68).

El catalizador acumulador de NOx acumula por consiguiente los óxidos de nitrógeno que se originan durante el funcionamiento con exceso de aire.

Existen dos posibilidades de conocer la saturación de un catalizador y cuando termina la fase de acumulación:

Mediante un sensor 4, situado en la salida de un catalizador previo, (Fig 7.69), que mide la temperatura informando a la unidad de control.

Mediante un sensor 6, dispuesto detrás del catalizador de NOx, que mide la concentración de NOx en los gases de escape, en combinación también con la unidad de control.



1 Motor con sistema de realimentación de gases de escape 2 Sonda lambda delante del catalizador 3 Catalizador de tres vías (catalizador previo) 4 Sensor de temperatura 5 Catalizador acumulador de NO_x (catalizador principal) 6 Sonda lambda de dos puntos, opcional con sensor de NO_x intergrado

Figura 7.69.

Desacumulación y transformación del NOx

La desacumulación utilizando el monóxido de carbono como reductor se efectúa de forma expresada en la ecuación 2. El monóxido de carbono reduce el nitrato de bario $Ba(NO_3)_2$, convirtiéndole en óxido de bario BaO. Se origina además monóxido de nitrógeno NO y dióxido de carbono CO_2.

Después el recubrimiento de Rodio reduce los óxidos de nitrógeno mediante monóxido de carbono, ecuación 3, convirtiéndolos en nitrógeno y dióxido de carbono.

Carga de azufre

El contenido de azufre en la gasolina constituye un problema para el catalizador acumulador. El azufre contenido en los gases de escape reacciona con el óxido de bario convirtiéndose en sulfato de bario. El sulfato de bario es muy resistente a la temperatura y evita la transformación del NOx.

En el uso de gasolinas con azufre es conveniente efectuar una desulfuración, ajustando el funcionamiento, consiguiendo gases de escape ricos en oxígeno, $\lambda = 0,90$ y pobres en oxígeno $\lambda = 1,05$, modificando la carga del motor. En estas condiciones el sulfato de bario se reducirá a óxido de bario.

Circuito de regulación lambda

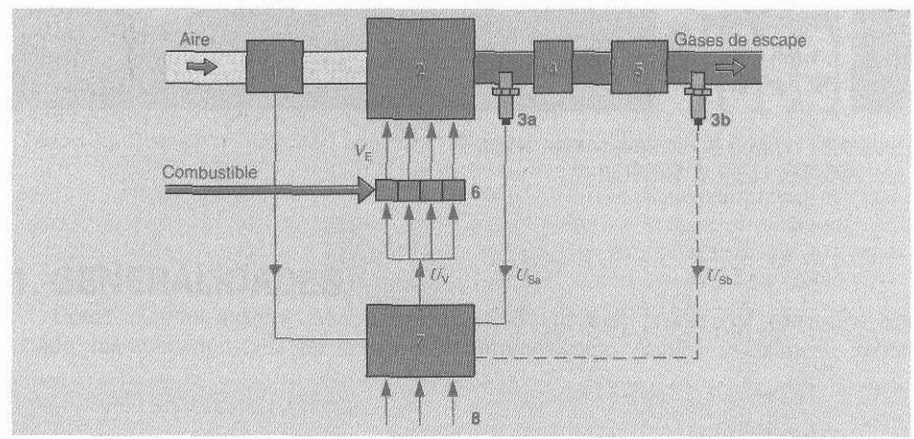
El funcionamiento del motor es el mas satisfactorio cuando la mezcla de aire-gasolina es la precisa en cada momento.

Esta proporción hace que el catalizador trabaje en las mejores condiciones transformando las sustancias nocivas al máximo.

La "ventana" en la que ha de encontrarse la mezcla de aire-gasolina es muy pequeña. $\lambda = 1.0$.

El circuito de regulación lambda informa a la unidad de control de las condiciones en que se está trabajando en cada momento analizando los gases de escape.

Estructura (Fig 7.80)



1 Medidor de masa de aire 2 Motor 3a Sonda lambda delante del catalizador (sonda lambda de dos puntos o sonda lambda de banda ancha) 3b Sonda lambda de dos puntos detrás del catalizador (*sólo en caso de necesidad; para inyecciión directa de gasolina: con sensor NO_X integrado*) 4 Catalizador previo (catalizador de tres vías) 5 Catalizador principal (para inyección en el tubo de admisión: cartalizador de tres vías; para inyección directa de gasolina: catalizador acumulador de NO_X) 6 Válvulas de inyección 7 Unidad de control del motor 8 Señal de entrada U_S Tensión de sonda U_V Tensión de mando de las válvulas V_E Caudal de ineycción

Figura 7.80.

La sonda Lambda (3a) está dispuesta en el sistema de escape del catalizador 4 y 5. La señal que emite se transmite a la unidad de control del motor 7. Detrás puede encontrarse otra sonda lambda (3b) que suministra información después de los catalizadores.

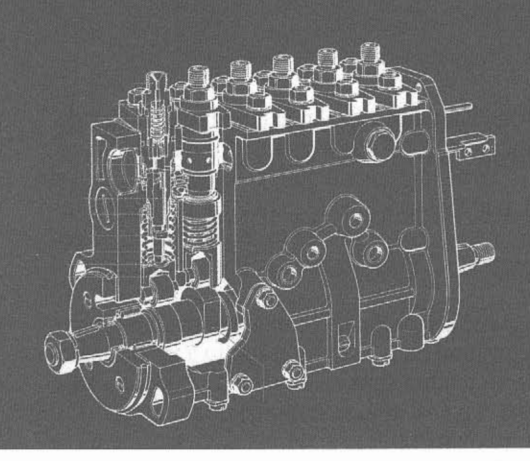
Funcionamiento.- El Su misión es la medición del contenido de Oxígeno residual de los gases de escape. En función del contenido emite una señal eléctrica, debido a una diferencia de potencial que se crea en sus dos bornes, variable según sea la mezcla rica o pobre.

Sonda lambda de dos puntos

Dispuesta delante del catalizador produce en el márgen rico, $\lambda < 1$, una tensión alta y en el márgen pobre, $\lambda > 1$, una tensión baja. Dentro de éstos límites no regula la tensión produciéndose un salto de la misma.

Sonda lambda constante

Mide las desviaciones de la mezcla para cualquier composición de los gases de escape, en la (Fig 2.30) de nuestro libro se explica el funcionamiento de una sonda lambda.



Capítulo 8

El Motor Diesel

Nuestro agradecimiento al Equipo Técnico de
ROBERT BOSCH ESPAÑA, S.A.

1. GENERALIDADES

Desde 1930 los *motores Diesel,* también llamados *de aceite pesado o de combustión*, han tenido una aplicación cada vez mayor en el automovilismo. Aunque inicialmente fueron

DIFERENCIAS	Tipo de motor	
	Gasolina/Explosión	Diesel/Combustión
Tipo de ciclo	Otto	Diesel
Queman...	Gasolina	Gasoil
Se introduce mezcla de ...	Aire y gasolina pulverizada	Sólo aspira aire puro
Inflamación por...	Chispa	Se inflama por sí solo
Sistema de encendido	Si	No
Relación de compresión	De 6,5 a 11	De 12 a 22. Promedio 16
Carburador	Si	No
Explosión / Combustión	De toda la mezcla	A medida que entra gasoil
Equipo de inyección	A veces	Siempre
Construcción	Ligera y simple	Pesada

empleados en vehículos industriales y hasta mediados de la década de los 60 no apareció el primer turismo con motor diesel, hoy en día su uso se ha generalizado(1).

La organización de sus elementos es la misma que en los motores de explosión, pero en los de combustión, hay algunas diferencias sensibles en su funcionamiento.

Para que el gasoil entre en el cilindro, inyectado en el aire tan fuertemente comprimido y caliente, es necesario que a su vez se envíe a una presión elevada, en forma de un pequeñísimo chorro para cada carrera de "combustión"; esto se consigue con un *equipo de inyección* compuesto por una *bomba* que: dosifica, da presión y envía el gasoil al cilindro correspondiente, y un *inyector* que le da entrada a la cámara de combustión.

Cuando el acelerador está suelto se inyecta solamente el gasoil necesario para la marcha en vacío y del motor al ralentí; cuando se pisa a fondo pasa a quemarse la máxima can-

tidad de combustible que, puede hacerlo con el aire que cabe en el cilindro, aproximadamente en la proporción de 1 gramo de gasoil por 18 a 20 de aire (un litro de gasoil necesita unos 15.000 litros de aire, un 30 por 100 más que la gasolina); pero obsérvese que el aire aspirado por el motor puede ser el máximo y el gasoil, a diferencia de la gasolina, no disminuye en la energía que proporciona aunque se queme en exceso de aire, sin los inconvenientes de lo que en los motores de explosión se llama "mezcla pobre", y que aquí no existe.

Aunque el gasoil llegue a costar tanto como la gasolina, los motores diesel seguirán siendo más económicos no sólo porque el consumo es menor con respecto a los de explosión para una misma potencia, sino porque su rendimiento es superior a la de estos últimos, de los que ya se dijo que a la salida del cigüeñal sólo se disponía de un 24 por 100 de la energía latente en el combustible. En los diesel se llega al 34 por 100, porque no se pierde tanta en los gases de escape y en el sistema de refrigeración.

No obstante, los motores diesel son más caros de adquirir. En primer lugar, porque el motor ha de ser mucho más robusto y pesado (mayor peso por caballo), especialmente las piezas móviles por la fuerte compresión y mayores presiones de trabajo. En segundo lugar, como la combustión completa se consigue gracias al exceso de aire con el que constantemente funcionan los diesel, resulta que los cilindros son en proporción mayores; y en tercer lugar, la bomba de inyección de gasoil es un aparato complicado que requiere gran precisión y mucho más caro que un carburador.

Las dificultades que existen para poder inyectar el gasoil a grandes velocidades, se añaden a las dos razones primeras para que los Diesel tengan que ser más lentos que los motores de gasolina.

2. EL GASOIL

El combustible empleado en un motor diesel es el gasoil(2), producto más denso que la gasolina y que tiene algo más de poder calorífico para el mismo volumen.

Ha sido creencia vulgar durante mucho tiempo que el gasoil era un combustible de clase inferior, más basto que la gasolina, siendo la realidad presente más bien la contraria.

El gasoil no sólo es un producto refinado, sino que ha de estar muy bien filtrado, pues las impurezas físicas más pequeñas perturban el funcionamiento del equipo de inyección, construido con ajustes del orden de la milésima del milímetro para poder inyectar a una gran presión unos milímetros cúbicos de combustible, miles de veces por minuto.

Luego, entre el gasoil y la gasolina hay diferencias notables como su densidad, poder calorífico, refinado y obligada limpieza.

Un motor de explosión "golpea o pica" precisamente por lo contrario que un diesel, pues en aquél ocurre cuando la compresión es alta, a plenos gases, a velocidades medias o bajas y con motor caliente; en el diesel al revés.

Análogamente, la composición química del combustible, según el predominio de hidrocarburos aromáticos, parafínicos o naftalénicos, que son los tres principales, influye de modo opuesto en el funcionamiento de ambas clases de motores. Ello es porque hay una diferencia fundamental en el ciclo: en un motor de gasolina se provoca la explosión de la mezcla con una chispa, evitando por todos los medios químicos, forma de culata, etc., que lo haga por su cuenta (detonación, autoencendido); mientras que el funcionamiento del diesel se basa, justamente en la inflamación espontánea del combustible.

Por todo ello, se deduce que el gasoil ha de cumplir requisitos más exigentes que la

gasolina, pues así como a ésta se la puede corregir fácilmente para hacerla antidetonante, no pasa lo contrario con el gasoil, para el que todavía no se ha encontrado ningún producto práctico predetonante que añadirle.

El grado detonante (autoinflamación) del gasoil se mide por el número de cetano(3), que conviene que sea entre 40 y 70 (análogo y al contrario que el de octano en la gasolina).

Resumiendo, las características del gasoil son las siguientes:

- No debe contener más de un 1% de azufre.
- Su poder calorífico es de 10.000 calorías por litro.
- Al tener que ser muy volátil, su curva de destilación debe estar entre los 260 y 370° C.
- Buen índice de cetano.
- Tener un punto de congelación que permita utilizarlo en tiempo frío.
- Buen rendimiento.
- Tiene cierto poder lubricante.

3. CICLO DE TRABAJO

El ciclo de trabajo en un motor de cuatro tiempos Diesel, es el siguiente (Fig.8.1):

- *1ª media vuelta: Admisión.*

Se abre la válvula A de entrada de aire al cilindro; el pistón al bajar lo aspira a través del filtro del colector de admisión, sin mariposa que gradúe la cantidad (que debe ser siempre la máxima posible), de modo que el cilindro queda lleno de aire puro.

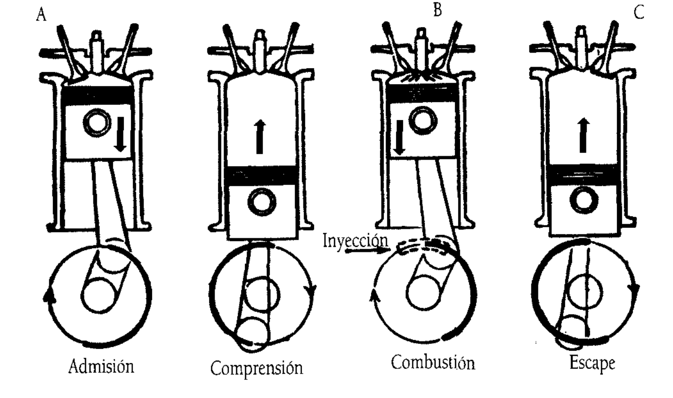


Figura 8.1.

- *2ª media vuelta: Compresión.*

Al subir el ém-bolo comprime el aire hasta dejarlo reducido a un volumen de 12 a 24 veces menor, con lo que alcanza una temperatura cercana a los 600°C. que permitirá la autoinflamación, a una presión efectiva de 36 a 45 Kg./cm^2, mientras que en los motores de gasolina la presión efectiva a la que llega la mezcla no pasa de los 15 kilos.

- *3ª media vuelta: Combustión.*

Por el inyector B penetra en el cilindro el pequeño chorro de gasoil cuya inyección, controlada por el pedal del acelerador, dura más o menos tiempo según la mayor o menor cantidad necesaria.

Dada la gran presión a que entra y la forma del inyector, el gasoil se pulveriza en forma de finísimas partículas (niebla), cuyas primeras gotas en contacto con el aire a una temperatura muy elevada, se vaporizan e inflaman, comunicándose el fuego al resto del gasoil a medida que entra. El calor desarrollado dilata los gases y eleva la presión de trabajo hasta 50 a 90 kilogramos, según la forma de la culata (el doble que en los motores de explosión).

COMPARACIÓN ENTRE MOTORES	
De explosión	**De combustión (Diesel)**
1er Tiempo. **Admisión**	
Aspiración de la mezcla aire-gasolina, en cantidad graduada por el acelerador.	Aspiración y llenado completo del cilindro con aire puro.
2º Tiempo. **Compresión**	
Moderada, de la mezcla. De 6,5:1 a 11:1 en los turismos.	Elevada, de aire puro. De 12:1 a 24:1.
3er Tiempo. **Explosión / Combustión**	
Encendido por una chispa en la bujía. Se produce la explosión de toda la mezcla.	Inyección de gasoil, en cantidad graduada por el acelerador. Autoinflamación por el calor de la compresión. Combustión a medida que entra.
4º Tiempo. **Escape**	
Idéntico en los dos sistemas	

- *4ª media vuelta: Escape.*

Se abre la válvula de escape C y por ella son expulsados al exterior los gases residuales de la combustión.

4. FUNCIONAMIENTO

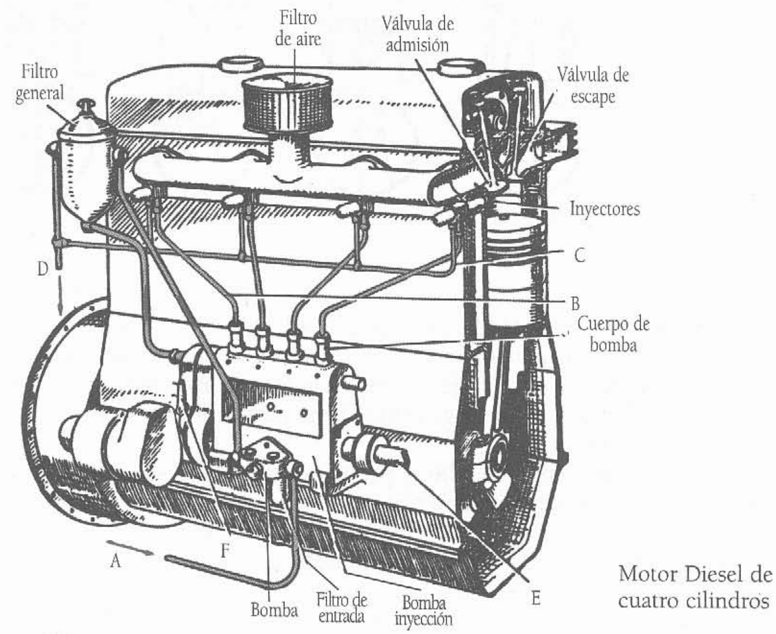


Figura 8.2.

Según se acaba de explicar, en el tiempo de admisión el cilindro aspira aire puro a través de un colector en cuya boca (Fig.8.2) está el filtro de aire. Cada cilindro lleva las válvulas de admisión y escape, en general colocadas en cabeza y mandadas por balancines. El combustible es aspirado del depósito por la tubería A mediante la bomba con filtro de entrada que lo envía al filtro general, de donde sale por la parte inferior a la bomba de inyección que por medio de los cuerpos de bomba (uno por cilindro) lo manda a presión por los tubos B a los inyectores, colocados en los cilindros, como las bujías en los motores de explosión.

El gasoil que rebosa de los inyectores regresa por los tubos C y D al depósito general; por este último también vuelve el que sobra en el filtro por no ser consumido por la bomba de inyección.

La bomba recibe movimiento desde los engranajes de la distribución por el árbol E, y el mando del acelerador actúa sobre la bomba por la palanca F, como se verá más adelante.

El pistón comprime el aire aspirado en el primer tiempo hasta que la presión se eleva a 35 ó 40 atmósferas (Kg./cm^2). El gasoil introducido por los inyectores al final de la compresión, se inflama al entrar en contacto con el aire, quemándose a medida que entra. Para que el combustible se pulverice al ser inyectado se necesita que lo haga a una gran presión, que llega a 300 atmósferas en algunos motores. Durante el tiempo de combustión, la presión máxima es como el doble de la de explosión en los motores de gasolina.

En cada cilindro se obtiene, como en los motores de gasolina, una carrera motriz en cada dos vueltas del cigüeñal.

5. CARACTERÍSTICAS

De todos estos datos se deducen las siguientes características en un motor Diesel:

- *La elevada compresión* es causa de su buen rendimiento, pero repercute en las grandes presiones que sufren cilindro, pistón, biela, etc., que obliga a construir estos órganos más robustos y pesados.
- *El "golpeo" es más fuerte* que en los motores de gasolina, dando sobre todo en ralentí un sonido característico.
- *La velocidad de inflamación* del Diesel es casi el doble que en los motores de gasolina (en realidad es una detonación), aunque el combustible no se queme tan rápidamente por no estar introducido todo en el cilindro en el momento de iniciarse la inflamación, sino que arde a medida que va entrando.
- *Las fuertes presiones y la mayor robustez y peso* de las piezas en movimiento son limitadores de la velocidad de rotación. Gracias a los progresos de la metalurgia se construyen hoy motores Diesel ligeros de 4.000 rpm, aunque los corrientes en camiones giran a un máximo poco mayor de 2.000 rpm; pero de ningún modo deben embalarse estos motores, razón por la cual casi todos están dotados de los reguladores que se describen más adelante.
- *Para conseguir una combustión completa* del gasoil y que no salgan humos negros y malolientes por el escape, es necesaria una proporción de aire superior a la requerida para un motor de gasolina.
- *Las bombas de inyección llevan un reglaje* que no se debe de variar, pues aunque parezca que aumentando la proporción de gasoil se obtiene mayor potencia, es a costa de producir humos en el escape y sobre todo carbonilla en los cilindros y válvulas, estropear rápidamente el aceite de engrase, anular su economía de funcionamiento y causar un esfuerzo suplementario en los órganos del motor que en seguida lo deteriora. Los Diesel funcionan con mucha precisión y no admiten variaciones en su reglaje.

- *Dado el exceso de aire con que se lleva a cabo la combustión*, los gases de escape no tienen prácticamente el venenoso óxido de carbono que producen los motores de gasolina; y otra diferencia, es que el gasoil no produce vapores inflamables a la temperatura ambiente, por lo que se elimina el peligro de incendio en caso de accidente.

6. LOS ÓRGANOS DE UN MOTOR DIESEL

De las condiciones de trabajo expuestas se deduce la robustez que caracteriza a estos motores, lo cual implica una gran precisión en el mecanizado, así como una buena calidad de los materiales. Ambas cualidades van parejas con la resistencia que todos los órganos deben tener para trabajar con esfuerzos muy superiores a los del ciclo de gasolina.

Básicamente la arquitectura es semejante a la de los motores de gasolina, aunque con un reforzamiento de diferentes elementos, ya que las presiones internas que soportarán son mucho más elevadas, siendo sus componentes principales los mismos: cigüeñal, cilindros, pistones, culata y distribución. La diferencia principal radica en la forma en que se prepara e inicia el quemado del combustible.

El bloque.

Los cilindros forman casi siempre un sólo bloque, pero si éste es de gran tamaño la culata se divide en dos. El material del bloque es fundición o aleación ligera de aluminio fuertemente reforzada; los cilindros son casi siempre amovibles, del tipo de camisa húmeda (Fig.1.13) o de forro seco (Fig.1.14), con objeto de hacer sus paredes más resistentes (acero, fundición centrifugada, nitrurada, etc.), que si estuviesen mecanizados directamente en el bloque.

El cigüeñal.

Está apoyado en cojinetes intercalados entre codo y codo; siete en los de seis cilindros y cinco en los de cuatro cilindros. A causa de los importantes esfuerzos que sufren todos los órganos del motor, en particular el cigüeñal, es indispensable asegurar a éste una gran rigidez y resistencia, y de aquí la interposición de un gran número de apoyos, generalmente igual al número de muñequillas de biela más uno..

Las bielas y pistones.

Dada la alta compresión con que se trabaja, el sellado o cierre que hagan los segmentos debe ser muy hermético, y por ello se ponen más que en los motores de gasolina; casi siempre (Fig.8.3-1), con cuatro segmentos de compresión A y varios de engrase, como el rascador B bajo los de compresión, y dos más C en la falda.

Los émbolos se hacían de fundición, pero modernamente se realizan en aleaciones de aluminio, teniendo que soportar esfuerzos del orden de 70 a 140 bares; se caracterizan por ser más largos y "completos".

En la cabeza suelen llevar unas hendiduras o huecos D, bien para que al abrirse las válvulas no tropiecen con el émbolo estando éste en su p.m.s., dejando muy poco espacio para comprimir fuertemente el aire, o bien para que éste adquiera el movimiento de torbellino conveniente para la mejor combustión del gasoil.

El bulón suele ir sujeto con un clip E en su alojamiento, y desde éste al fondo hay una distancia apreciable (émbolos de cabeza larga), que da idea de lo bien guiado que ha de resultar el pistón dentro del cilindro.

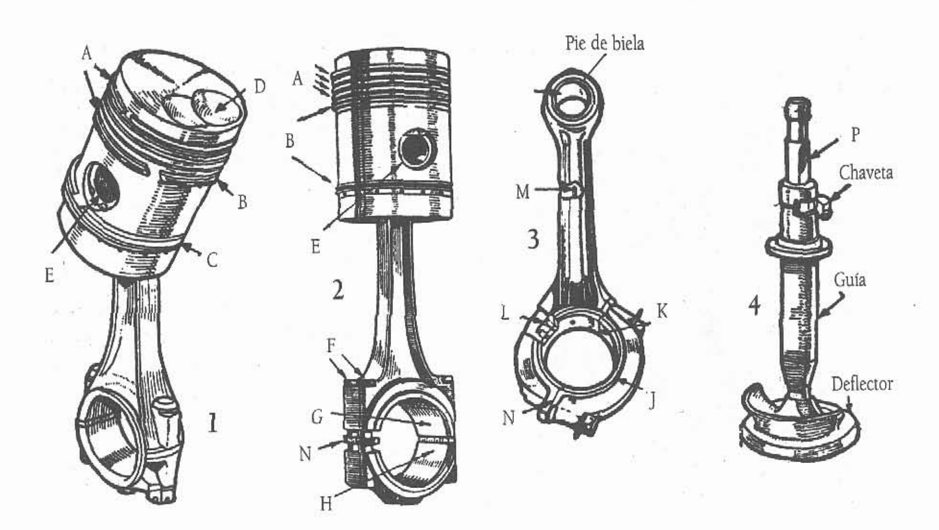


Figura 8.3.

En el detalle 2 de la figura 8.3 se muestra otro pistón con sus cuatro anillos de compresión A y *dos rascadores de aceite* B, *uno siempre en* la falda, con el bulón sujeto por el clip E. La cabeza de biela a veces se cierra con dos dobles espárragos F, abrazando a la muñequilla del cigüeñal mediante unos casquillos finos de acero recubiertos con antifricción o, lo que es ahora más frecuente con tejuelos de bronce plomado, más resistente que el "babbit", por lo menos el G de la parte superior, que es el que sufre el mayor esfuerzo de la carrera motriz, pudiendo ser el inferior H de antifricción, pero en capa fina sobre casquillos de acero.

Para que pueda sacarse el pistón con la biela, por debajo del cilindro, sin desmontar el bloque ni quitar el cigüeñal, en varias marcas se hacen las cabezas con el sombrerete J (detalle 3) en diagonal; en este caso el casquillo de abrazadera está todo él recubierto de bronce plomado K. Esta figura muestra una biela con salida de aceite L para lubricar por salpicadura la pared del cilindro, y con *tubo interior* M *para engrase a presión del* pie de biela, en su articulación al bulón. En los detalles 2 y 3 se marcan en N unas finas hojillas metálicas para retirarlas por parejas a medida que se necesita corregir la holgura por desgaste.

Los pistones tienen diferentes formas en la cabeza dependiendo del tipo de inyección y de los fabricantes.

La culata.

Realizada en fundición o de aleación ligera, es el elemento más característico del motor diesel, debido a:

- La forma y disposición de la cámara de combustión.
- La situación del inyector.
- La ubicación del colector de admisión.

Las cámaras o precámaras son fabricadas en la misma culata o bien adaptadas posteriormente.

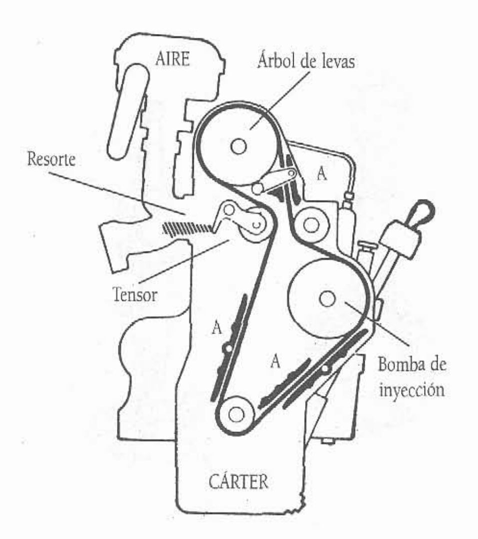


Figura 8.4.

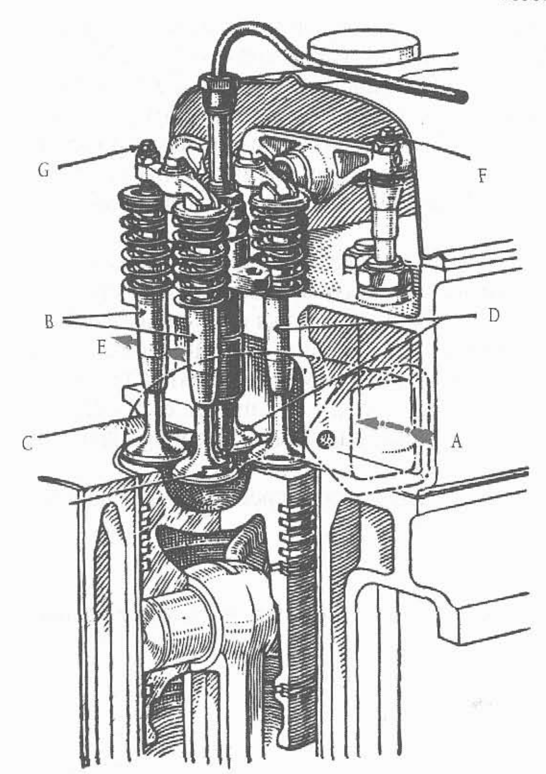


Figura 8.5.

La distribución.

Los motores diesel suelen llevar las válvulas en cabeza, mandadas casi siempre por balancines, con el árbol de levas algo elevado en el cárter superior para que no sean tan largos los empujadores; el eje de levas lleva varios apoyos y está movido por un engranaje de varios piñones o por cadena. Con esta última, suele mandarse cuando va colocado el árbol en la culata y abre directamente las válvulas, como ocurre en el Mercedes-Benz 190D (Fig.8.4), donde la cadena que va contenida entre varias guías A que le impiden oscilar o vibrar, mueve a la vez el árbol de levas en culata y la bomba de inyección. La holgura es corregida por un tensor de rueda dentada aplicado por un resorte.

Las válvulas son análogas a las de los motores de gasolina. En algunos casos las de escape están huecas y rellenas con sodio para transmitir mejor el calor. Las de admisión tienen a veces (Leyland, Pegaso, Man, etc.) un *deflector* (Fig.8.3-4) en la parte interna de la seta con objeto de imprimir al aire de admisión un movimiento giratorio para que durante la compresión se convierta en torbellino sobre el que se pulverice y esparza mejor el gasoil inyectado. En este caso, la válvula no debe poder girar, para ello tiene a lo largo de la cola un rebaje plano P; en la guía de la válvula hay una escotadura por la que asoma la chaveta que, al apoyarse y flotar sobre el citado rebaje plano, impide que la válvula gire dentro de la guía.

Como los cilindros de los motores Diesel suelen ser de grandes dimensiones, comparados con los de gasolina, y las válvulas, en proporción, resultarían mayores de lo conveniente para la rigidez de su

seta, a veces se instalan *válvulas dobles* (Fig.8.5): dos de admisión y dos de escape, en cada cilindro. El aire de admisión entra por A hacia las válvulas B mandadas por un sólo balancín, que empuja al travesaño y las abre a un tiempo (la primera de ellas tiene el deflector C), realizándose el escape por las válvulas D y colector E.

Cada balancín puede tener dos tornillos para el reglaje de la holgura: el F en el extremo del empujador y el G en el del travesaño; primero se aflojan ambos, luego se aprieta el G para que las dos colas rocen en el travesaño y por último, se ajusta el F para dejar la holgura recomendada.

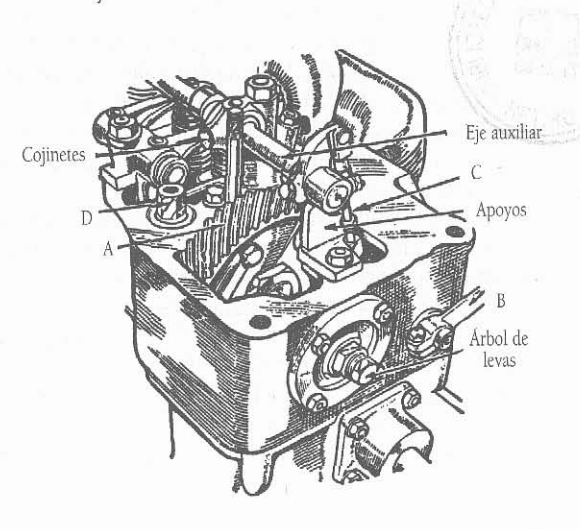


Figura 8.6.

El descompresor.

Para facilitar el arranque, descargando al motor eléctrico del esfuerzo inicial que tiene que realizar para vencer la fuerte compresión a la vez que "despega" los segmentos, algunos motores llevan un dispositivo que permite abrir ligeramente las válvulas de escape.

Cuando el motor inicia los primeros giros en el arranque, se suelta el descompresor y, como aquél ya está lanzado, el arrancador mantiene estabilizado el giro del motor. En la figura 8.6 se ve una culata con este dispositivo y con el árbol de levas en cabeza, que recibe el movimiento por una serie de engranajes del que A es el último piñón. Las levas descompresoras están en el eje auxiliar, con cojinetes y apoyos. Antes de dar corriente al arrancador, se tira de la palanca B, que por la varilla C gira ligeramente el eje auxiliar, haciendo que sus levas entreabran las válvulas de escape.

En esta figura se señala una tuerca D, con la que vienen dotados algunos motores para facilitar el despegue de la culata cuando, después de sacar las tuercas corrientes de sujeción, quiere separarse el bloque; generalmente son especiales, llamadas "tuercas-gato", que al hacerlas girar se desatornillan del bloque, asomando una rampa que empuja y despega fácilmente la culata.

7. SISTEMAS DE COMBUSTIÓN Y FORMAS DE CULATA

En el instante de penetrar en la cámara de compresión las primeras gotas de combustible, se encuentran rodeadas de aire comprimido, cuya temperatura está próxima a los 600°C., ampliamente superior a la necesaria para que el gasoil se queme; pero la inflamación sólo ocurrirá cuando la temperatura se comunique al líquido. Para que este caldeo tenga lugar es necesario un cierto tiempo, muy pequeño, pero apreciable, dadas las velocidades de funcionamiento que se exigen. El lapso que transcurre entre la entrada en el cilindro de las primeras gotas y el momento de iniciarse la combustión se llama *retardo al inicio de la inflamación*. Una vez iniciada ésta, la velocidad de propagación es superior a la de explosión en los motores de

gasolina porque, como ya se dijo, se trata de una verdadera detonación, que aquí dura más porque el combustible no está todo en el cilindro, sino que va entrando poco a poco y, a medida que se inyecta, el que penetra va incendiándose.

Como consecuencia, el golpeo característico de los Diesel es más acusado en ralentí por lo poco que dura la inyección y lo instantáneo de la inflamación, verdadero golpe autoexplosivo y detonante, como cuando este fenómeno se presenta en los motores de gasolina.

Si el aire del cilindro está en reposo, y las primeras gotas del combustible se encuentran casi inmóviles en ese aire, la transmisión del calor se hace con lentitud, pues el aire inmediato se enfría al contacto con el líquido. Si, por el contrario, hay un fuerte movimiento relativo entre el gasoil y el aire, el cambio de calor se hace con mayor rapidez y la inflamación sobreviene antes.

Este retardo en el inicio de la inflamación no debe confundirse con el tiempo que, en los motores de explosión, tarda la mezcla en quemarse una vez que salta la chispa, conocido con el nombre de *retardo en propagarse la inflamación*. A primera vista parece que el efecto es análogo y se corregiría adelantando la inyección; pero esto no basta, pues traería como consecuencia que el combustible que ha entrado durante ese retraso al inicio de la inflamación se incendiaría todo junto, y el efecto detonante sería brutal, con golpeo y vibraciones tan desagradables como perjudiciales para el motor. Por ello, se busca reducir al mínimo dicho retraso provocando en la cámara de compresión una fuerte turbulencia que proporcione una gran velocidad relativa entre el aire muy caliente y las gotas del combustible pulverizado que se inyecta.

Este problema ha sido objeto de numerosos estudios y soluciones, diseñándose diferentes formas de las cámaras de combustión y algunas veces la de la cabeza del pistón, para favorecer la combustión y mejorar así el rendimiento y la potencia, pudiéndose clasificar los sistemas de combustión, o forma de culata, en cuatro grupos: 1°, inyección directa; 2°, precombustión o antecámara; 3°, combustión separada o cámara auxiliar y 4ª, acumulador de aire, que se pueden resumir en inyección directa e indirecta.

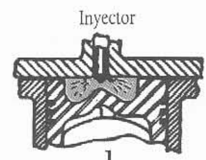


Figura 8.7.

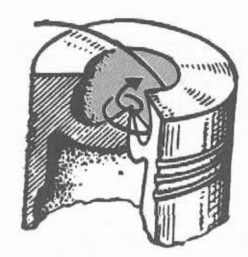


Figura 8.8.

7.1. Inyección directa

El inyector, que asoma al centro de la cámara de combustión, lanza directamente el combustible al cilindro a una presión que varía de 130 a 300 atmósferas para conseguir una buena pulverización, incidiendo generalmente sobre la cabeza del pistón (Fig.8.7) siempre más caliente que las paredes del cilindro, que están refrigeradas por la circulación del agua.

El inyector, que es del tipo "aguje-reado", tiene varios orificios muy finos para pulverizar directamente el gasoil en el torbellino de aire.

La turbulencia se consigue por la forma del hueco en el émbolo, muchas veces ayudada por un deflector en la válvula de admisión. La cavidad del pistón ofrece diversas formas, de las que son ejemplo la *toroidal* y la *esférica* (detalles 1 y 2).

El sistema[4] tiene dos ventajas: es el más económico en consumo de gasoil sin que la diferencia con los otros sea grande y, si la relación de compresión es superior a 15, como es lo corriente, el arranque es fácil sin necesitarse la ayuda de bujías para el calentamiento

del aire, pues éste tiene pocas paredes por las que pueda perder calor y, además las cavidades están en la cabeza del pistón, que es la parte más caliente del motor.

Como inconvenientes se puede citar que es muy ruidoso al ralentí y a bajo régimen.

El pistón de Saurer es parecido al de la figura 8.7-1, pero el hueco tiene una forma de corazón (Fig. 8.8) en la que penetra el aire, orientado por el deflector de la válvula, hacia los bordes; de manera que baja girando y sube por el centro a chocar en la culata y unirse al que sigue entrando, para volver a las paredes, bajar de nuevo y así sucesivamente. Durante la compresión, este doble torbellino aumenta de velocidad, consiguiéndose que la inyección por varios orificios resulte muy bien pulverizada y mezclada.

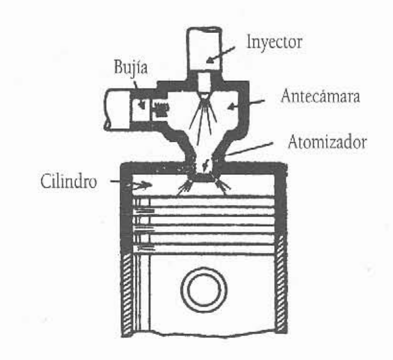


Figura 8.9.

7.2. Precombustión o antecámara

La presión de inyección es menor que en la directa, pues aquí está comprendida entre 80 y 120 atmósferas.

Al subir el pistón (Fig. 8.9) encierra casi la mitad del aire comprimido en la antecámara, que comunica con el cilindro por los finos orificios del *pulverizador o atomizador*. El inyector lanza su único chorro de gasoil en el aire caliente y agitado de la antecámara, donde se quema parcial, pero rápidamente; la expansión producida expulsa el resto del combustible sin inflamar (unas dos terceras partes del total), mezclado con aire muy caliente, a través de los orificios del atomizador, que terminan de pulverizarlo, finalizando su combustión en el interior del cilindro.

Comparando este sistema con la inyección directa, la cantidad de paredes que rodean al aire es aquí mucho mayor, y por tanto, el calor de la compresión se perderá con más facilidad hacia la refrigeración.

En este caso, el arranque resultaría difícil por la lentitud del calentamiento del aire, si éste no se ayudara con las bujías de precalentamiento(5), que se activan en el momento del arranque.

La menor presión de inyección, el usar inyector de agujero único y el ser menos ruidoso a bajo régimen son sus ventajas, frente a los inconvenientes de que necesita bujías de precalentamiento para el arranque en frío y el ligero aumento del consumo respecto a los de inyección directa(6).

7.3. Combustión separada, cámara auxiliar o cámara de turbulencia

La presión de inyección en este sistema oscila entre 80 y 130 atmósferas, como en el caso de antecámara.

Es una variante perfeccionada del anterior, también llamada "Ricardo-Comet" por el apelli-

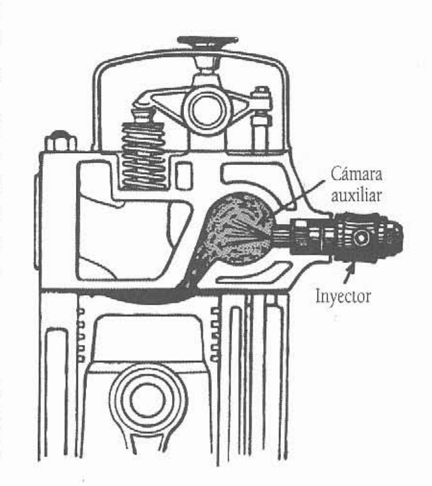


Figura 8.10.

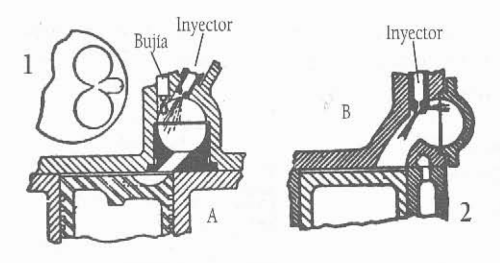


Figura 8.11.

do de su autor y la forma alargada del torbellino.

Casi todo el aire, alrededor de los 2/3 del volumen total de la cámara, (Fig. 8.10) se acumula en la cámara auxiliar (situada en una parte no refrigerada de la culata), que comunica con el cilindro por un sólo conducto más ancho y de forma circular, de manera que el aire, al entrar, adquiere un fuerte movimiento de torbellino. El inyector lanza el combustible en esta masa giratoria, se produce la inflamación y los gases ardiendo pasan violentamente al cilindro; la forma del conducto y la de la cabeza del pistón continúan la turbulencia, favoreciendo la rápida inflamación de todo el combustible, que se quema íntegro en la cámara auxiliar. La violencia de la detonación que queda un tanto sujeta en dicha cámara, se va aplicando con cierta progresividad o freno, al tener que pasar por el conducto hacia la parte superior del pistón(7).

Tiene como ventajas que precisa menos presión de inyección que la directa y consume menos que en el sistema anterior; como inconveniente se puede citar que precisa bujías de precalentamiento.

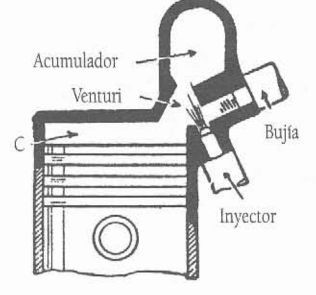


Figura 8.12.

En la figura 8.11 se ve en A la última culata "Ricardo-Comet", con rehundido formando un ocho en el pistón (detalle 1) y bujías de precaldeo; en el detalle 2 se aprecia en B el sistema "Airflow" de Perkins con doble chorro en el inyector y sin las citadas bujías, pues el calentamiento del aire para arrancar se hace, en esta marca como en algunas otras, con una "estufa eléctrica" en el colector de admisión.

7.4. Acumulador de aire o sistema Acro-Bosch

En este sistema con una presión de inyección de 100 a 130 atmósferas, el aire es comprimido y reducido en el acumulador (Fig.8.12), lanzando el inyector el chorro al venturi o difusor de comunicación, donde empieza a inflamarse el combustible(8).

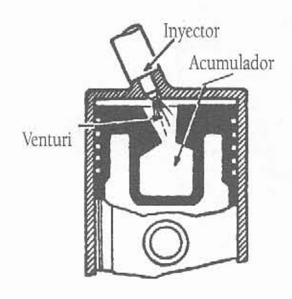


Figura 8.13.

El calor dilata el aire del acumulador, que puede estar formado en el pistón (Fig.8.13) como ocurría en los Berliet, saliendo al cilindro y terminando la combustión del gasoil a medida que se inyecta.

Este sistema es ahora poco usado, pues aunque tiene como ventajas que el arranque con bujías es fácil, la combustión completa y el funcionamiento suave; en cambio, el consumo resulta mayor que con las otras formas de culata.

El sistema Lanova(9), incluido en este grupo, es un desarrollo del Acro realizado por el mismo autor, el ingeniero alemán Lang. En su forma actual (Fig.8.14) el aire es comprimido en el espacio circular A (debajo de la válvula de escape) y también en los acumulado-

res seguidos B y C. En el detalle 1 se ve cómo el gasoil desde el inyector alcanza el fondo de C, se inflama (detalle 2), y la expansión hacia atrás en 3, imprime un rápido movimiento circular al aire en A, facilitando la buena combustión.

Por lo que predomina la inyección directa en los motores del sistema Lanova, es porque generalmente no precisan de bujías o calentadores de aire para el arranque.

En algunos motores se conserva el corte antiguo, con la cámara A doble formando un ocho, a cuyo centro apunta el doble acumulador B y C.

Una variante usada por Hércules, lleva el acumulador de aire, de forma esférica, a un costado de la parte alta del cilindro.

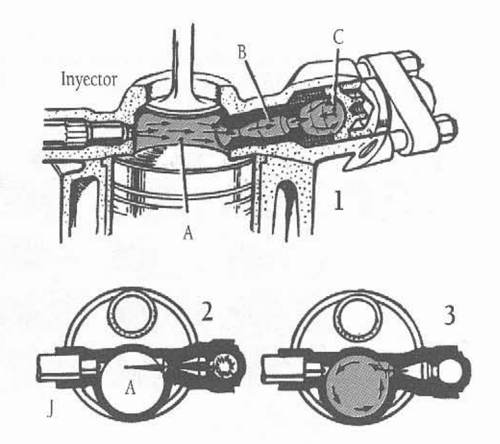


Figura 8.14.

7.5. Comparación entre sistemas de combustión

Las ventajas e inconvenientes que presenta cada sistema, prácticamente vienen a compensarse entre sí, como lo prueba la subsistencia de todos ellos en marcas acreditadas. Sin embargo, parece declinarse el 4° (acumulador de aire) en beneficio del 1° (inyección directa, cada vez más usada). También se aprecia una lenta evolución del 2° (precombustión) hacia el 3° (cámara auxiliar "Ricardo-Comet"). El Lanova acompaña en su actual boga, sobre todo en Estados Unidos, a los sistemas 1° y 3°.

Recuérdese que los motores con inyección directa son los que menos combustible consumen, pero con más golpeo y sacudidas y que los que emplean el sistema de antecámara o cámara auxiliar tienen un funcionamiento más suave y silencioso a costa de un ligero aumento en el consumo. En todo caso, las diferencias son pequeñas.

8. EL EQUIPO DE INYECCIÓN

Sistemas de Inyección Diesel

En la figura A se pueden ver los campos de aplicación de los sistemas de inyección Diesel Bosch.:

Los motores Diesel se aplican en ejecuciones muy variadas:

- Accionamiento par grupos electrógenos móviles (hasta 10 kw por cilindro).
- Motores de funcionamiento rápido par turismos y vehículos industriales ligeros (hasta 50 kw por cilindro).
- Motores para los sectores de la construcción, agrícola, forestal (hasta 50 kw por cilindro).
- Motores para vehículos industriales pesados, autobuses y tractores (hasta 80 kw por cilindro).
- Motores estacionarios, para grupos electrógenos de emergencia (hasta 160 kw por cilindro).
- Motores de locomotoras y barcos (hasta 1000 kw de potencia).

En la tabla B se exponen los datos y características de lo sistemas de inyección Diesel.

Campos de aplicación de los sistemas de inyección Diesel, Bosch.
M, MW, A, P, ZWM, CW son bombas de inyección rotativas de émbolo axial, VR bombas de inyección rotativas de émbolos radiales, UPS unidad de bomba-tubería-inyector, UIS unidad de bomba-inyector, CR Common Rail.

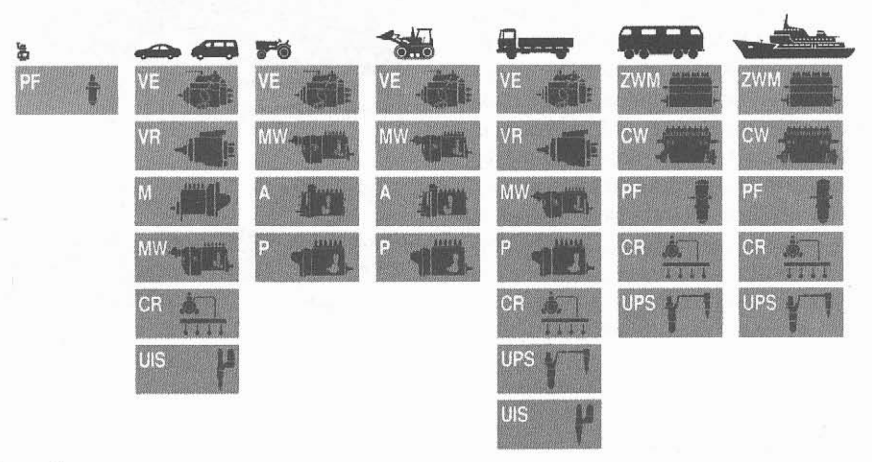


Figura A

Ejecuciones de los sistemas de Inyección Bosch

Bombas de Inyección en línea

Tienen por cada cilindro motor un elemento de bomba que consta de cilindro y émbolo.Los elementos de bomba están dispuestos en línea, la carrera del émbolo es invariable. Para variar el caudal se gira el émbolo dotado con una rampa sesgada que pone en comunicación la salida de combustible antes o después, según el grado de giro.Existen válvulas que determinan el final de inyección de forma exacta.

Bombas de inyección en línea estándar PE

El comienzo de suministro queda determinado por un taladro de aspiración que se cierra poer la arista superior del émbolo. La varilla de regulación es accionada por un regulador mecánico de fuerza centrífuga o con un actuador eléctrico.

Bombas de inyección en línea con válvula corredera

Se distingue de la bomba de inyección convencional, por una corredera que se desliza sobre el émbolo de la bomba mediante un eje actuador adicional, con el cual puede modificarse la carrera previa y con ello el suministro de la inyección.

Bombas de inyección rotativas

Tienen un elemento para todos los cilindros, poseen regulador mecánico o regulador electrónico y variador de avance integrado.

Bomba de inyección rotativa de émbolo axial

Existe una bomba de aletas que suministra combustible a la cámara de la bomba. Hay un émbolo distribuidor central que gira dentro de un disco y asume la distribución y presión del combustible.

Propiedades y datos característicos de los sistemas de inyección Diesel.

Sistema de inyección Ejecución	Inyección				Datos relativos al motor			
	Caudal de inyección por carrera mm^3	Presión máx. lado del inyector bar	m Mecánicamente e Electrónicamente em Electromecánicamente MV Electroválvula	DI Inyección directa IDI Inyección indirecta	VE Inyección previa NE Inyección posterior	Número de cilindors	Número de revoluciones máx. min^{-1}	Potencia máx. por cada cilindro kW
Bombas de inyección en línea								
M	60	550	m, e	IDI	–	4...6	5000	20
A	120	750	m	DI / IDI	–	2...12	2800	27
MW	150	1100	m	DI	–	4...8	2600	36
P 3000	250	950	m, e	DI	–	4...12	2600	45
P 7100	250	1200	m, e	DI	–	4...12	2500	55
P 8000	250	1300	m, e	DI	–	6...12	2500	55
P 8500	250	1300	m, e	DI	–	4...12	2500	55
H 1	240	1300	e	DI	–	6...8	2400	55
H 1000	250	1350	e	DI	–	5...8	2200	70
Bombas de inyección rotativas de émbolo axial								
VE	120	1200/350	m	DI / IDI	–	4...6	4500	25
VE...EDC 1)	70	1200/350	e, em	DI / IDI	–	3...6	4200	25
VE...MV	70	1400/350	e, MV	DI / IDI	–	3...6	4500	25
Bombas de inyección rotativas de émbolos radiales								
VR...MV	135	1700	e, MV	DI	–	4,6	4500	50
Bombas de inyección de un cilindro								
PF(R)...	150... 18000	800... 1500	m, em	DI / IDI	–	cualquiera	300... 2000	75... 1000
UIS 30 2)	160	1600	e, MV	DI	VE	8 3a)	3000	45
UIS 31 2)	300	1600	e, MV	DI	VE	8 3a)	3000	75
UIS 32 2)	400	1800	e, MV	DI	VE	8 3a)	3000	80
UIS-P1 3)	62	2050	e, MV	DI	VE	6 3a)	5000	25
UPS 12 4)	150	1600	e, MV	DI	VE	8 3a)	2600	35
UPS 20 4)	400	1800	e, MV	DI	VE	8 3a)	2600	80
UPS (PF[R])	3000	1400	e, MV	DI	–	6...20	1500	500
Sistema de inyección de acumulador Common Rail								
CR 5)	100	1350	e, MV	DI	VE 5a)/NE	3...8	5000 5b)	30
CR 6)	400	1400	e, MV	DI	VE 6a)/NE	6...16	2800	200

1) EDC Electronic Diesel Control (regulación electrónica Diesel), 2) UIS unidad de bomba-inyector para vehículos industriales, 3) UIS para turismos, 3a) con dos unidades de control es posible también un número mayor de cilindros, 4) UPS unidad de bomba-tubería-inyector para vehículos industriales y autobuses, 5) CR 1ª generación para turismos y vehículos industriales ligeros, 5a) hasta 90° KW (cigüeñal) antes del PMS elegible libremente, 5b) hasta 5500 min^{-1} en marcha con freno motor, 6) CR para vehículos industriales, autobuses y locomotoras Diesel, 6a) hasta 30° KW antes del PMS.

Tabla B

En la bomba de inyección rotativa de émbolo axial VE, convencional con regulador mecánico de revoluciones de fuerza centrífuga, o con mecanismo actuador electrónico,

existe una corredera de regulación que determina la carreara útil y dosifica el caudal. El comienzo de la inyección puede regularse mediante un variador de avance. Cuando el control es por regulador eléctrico, existe una electroválvula de presión controlada de forma electrónica que sustituye a la corredera de regulación.

Bomba de inyección rotativa de émbolos radiales

En ella el suministro lo realiza una bomba de aletas. Una bomba de émbolos radiales con anillo de levas y entre dos y cuatro émbolos radiales, asume la generación de alta presión y el suministro de los inyectores. Una electroválvula de alta presión dosifica el caudal. El comienzo de la inyección se regula mediante el giro de anillo de levas con variador de avance. La regulación es electrónica.

Bombas de inyección individuales PF

Aplicadas en motores pequeños, maquinaria de construcción, no tienen árbol de levas propio pero se parecen a las bombas en línea PE.

Unidad de bomba-Inyector UI

La bomba y el inyector forman una unidad. Por cada cilindro motor se monta una unidad que es accionada bien mediante un empujador o indirectamente mediante un balancín, por parte del árbol de levas del motor. Debido a la supresión de las tuberías de alta presión es posible una presión de inyección esencialmente mayor (hasta 2.050 bares).si unimos la regulación electrónica, es posible una actuación mas correcta con reducción de contaminantes.

Unidad bomba-tubería-inyector UP

Trabaja según el procedimiento de la bomba inyector. Se trata aquí de un sistema de inyección de alta presión estructurado de forma modular. Al contrario que la bomba-inyector, el inyector y la bomba están unidos por una tubería corta de inyección. El sistema dispone de un conjunto bomba-tubería-inyector por cada cilindro la bomba es accionada por el árbol de levas del motor. Una regulación electrónica es añadida al sistema.

Sistema de inyección de acumulador
Common Rail CR

La presión de inyección y el envío de gasoil se realizan por separado. La presión se genera independientemente del régimen del motor y del caudal de inyección y está a disposición en el Rail (acumulador de combustible para la inyección. El momento y el caudal se calculan en una unidad electrónica. La realización es por el inyector en cada cilindro del motor mediante control de electroválvula.

8.1. El equipo de Inyección

Antes de hablar del equipo de inyección, conviene citar el circuito de alimentación del combustible, que se compone de un circuito de baja presión y otro de alta presión.

El circuito de baja presión, que no precisa ninguna toma de aire, se compone de: el depósito (prefiltro eventual), la bomba de alimentación eventual, el o los filtros de combustible y los conductos correspondientes.

El circuito de alta presión consta de: la bomba de inyección, los diferentes inyectores y unas canalizaciones especiales (a causa de las fuertes variaciones de presión) y todas de la misma longitud (para tener los mismos tiempos de inyección). En este caso, cuando se

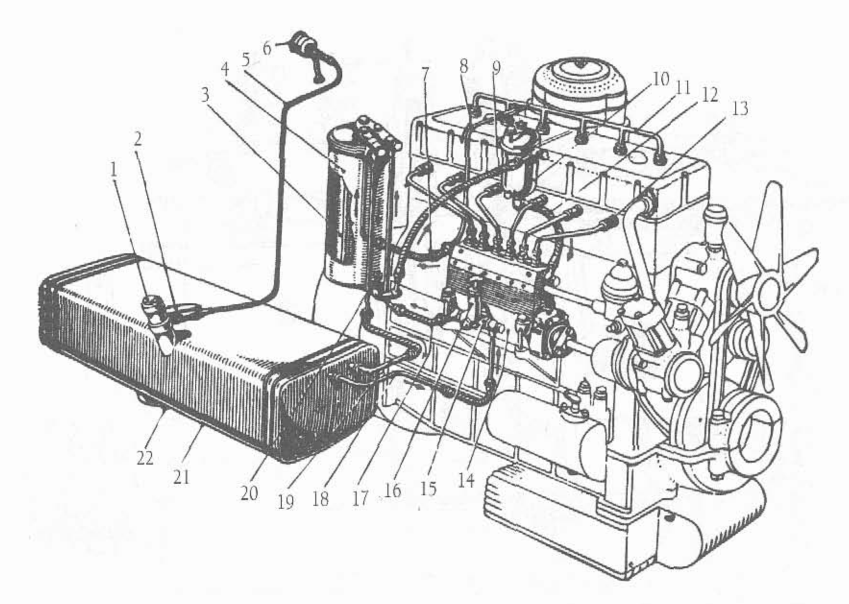


Figura 8.15.

utilice una bomba rotativa, el distribuidor de la cabeza hidráulica evacuará hacia los inyectores el aire que se pueda encontrar en él.

El conjunto de la instalación, en cuanto al combustible se refiere, se muestra en la figura 8.15. El gasoil lo lleva el vehículo en un depósito 21 con tapón de llenado 1 por el que estará en contacto con la atmósfera, y de vacío 22 para la necesaria limpieza interior de agua e impurezas. De 2 parte el cable 5 para el indicador eléctrico de nivel 6 en el tablero de instrumentos.

La bomba de alimentación 15, (que puede tener un cebador a mano 16 para usarlo antes de arrancar el motor), aspira el gasoil del depósito por el tubo 18, y lo envía por el 17 al filtro principal 4 (cuyo interior se ve en 3). De éste sale a través de la llave de cierre 20 y tubo 9 al segundo filtro 10, del que sigue por el tubo 12 a la bomba de inyección 14, que lo manda por los tubos 13, a presión y dosificado, a los inyectores de los cilindros.

El gasoil que rebosa de éstos vuelve por los tubos 11, 8 y 7 hasta el filtro principal 4, para seguir por la tubería 19 a reintegrarse al depósito 21 (como en la figura 8.2).

8.1.1. La bomba de inyección lineal

La elevada presión con que debe inyectarse el gasoil en un motor Diesel, ha dado un papel preponderante al desarrollo de la bomba de inyección. En cada cilindro ha de inyectar más de mil veces por minuto y en el instante preciso, un pequeñísimo volumen de gasoil, pero muy bien dosificado, con una presión de hasta 300 Kg/cm^2; en ralentí el volumen a inyectar es mucho menor, y estas minúsculas pero muy fuertes inyecciones, han de poder variar de uno a otro tamaño según la carga del motor, debiendo ser exactamente iguales entre sí las que van a cada uno de los cilindros, durando cada inyección un tiempo de unas dos milésimas de segundo. Una bomba múltiple capaz de realizar este trabajo, y

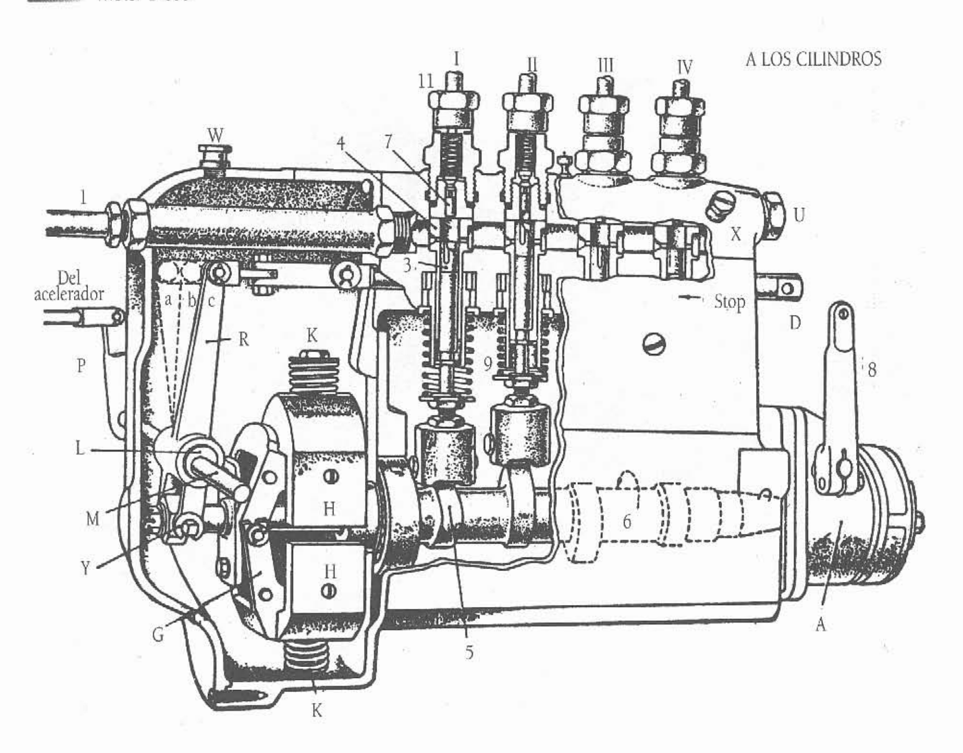


Figura 8.16.

ejecutarlo con exactitud y sin averías durante miles de horas es una obra maestra de la mecánica de precisión.

En este sentido, la aparición de la bomba alemana Bosch (conocida en Estados Unidos como American Bosch), y el desarrollo de otras como C.A.V. en Inglaterra, Lavalette en Francia, y Marelli en Italia, de fundamento análogo y parecidas, ha sido una poderosa ayuda a los fabricantes que ha permitido el rápido desarrollo y aplicaciones del motor Diesel.

8.1.1.1 Descripción de la bomba lineal Bosch

El combustible llega a la bomba de inyección (Fig.8.16) por el tubo 1 que alimenta al colector 2, al que asoman las lumbreras de todos los elementos de bomba, uno para cada cilindro del motor. El exceso de combustible en la bomba sale a través de una válvula interior por una tubería que se empalma en U. Cada uno de aquellos elementos consta de un pistón 3 (cuya misión esencial es elevar la presión del combustible de 8 bares, hasta un valor comprendido entre 130 y 200 bares, aproximadamente), que se mueve arriba y abajo dentro del cuerpo cilindro 4 por la acción de la leva 5, montada en el árbol 6, que es movido por el cigüeñal mediante los engranajes del cárter de la distribución; el pistón 3 baja a su posición normal por la fuerza del resorte 9, que lo aplica contra la leva lo mismo que si fuese una válvula de motor. Este árbol de levas de la bomba es análogo al árbol de levas del motor y ambos giran a la misma velocidad, la mitad del cigüeñal, ya que por cada dos vueltas del motor hay un tiempo de combustión en cada cilindro y, por tanto, una inyección de gasoil mandada por su elemento de bomba y leva correspondiente.

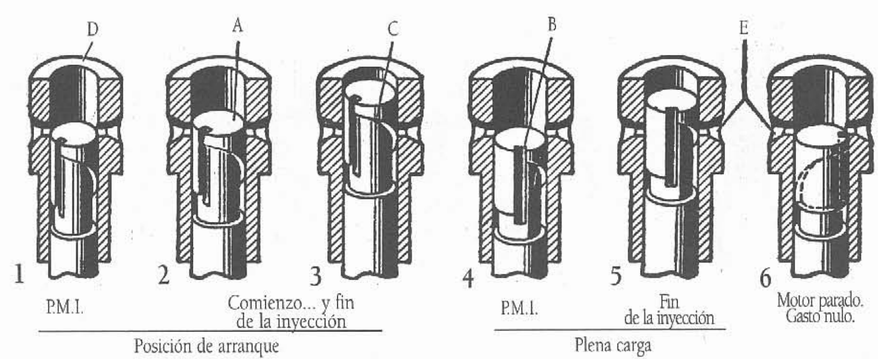


Figura 8.17.

Mientras el pistón 3 está abajo, el cuerpo de bomba que tiene encima se llena de combustible por las lumbreras que lo comunican con el colector 2; en cuanto el pistón es levantado por su leva tapa las lumbreras, empuja el gasoil a través de la válvula 7 y lo envía por el tubo superior (como el 11) al inyector del cilindro correspondiente, por el que sale a quemarse.

En cuanto pasa el saliente de la leva, el pistón baja por la acción del resorte 9 y descubre las lumbreras del cuerpo cilíndrico 4, que nuevamente se llena de gasoil para la siguiente inyección.

8.1.1.2 Variación del caudal

La carrera del pistón 3 es pues, constante, pero para poder variar a voluntad del conductor (según pise más o menos el acelerador) la cantidad de combustible que debe mandar la bomba (duración de la inyección), el cuerpo macizo del pistón A (Fig.8.17-2) tiene tallada una ranura vertical B (detalle 4), y a su lado un rebaje con el otro borde en forma de rampa sesgada C (detalle 3). El gasoil entra en el cuerpo de bomba D (detalle 1) por las lumbreras E (detalles 5 y 6) que comunican con el colector 2 de la figura anterior. La bomba empieza la inyección en cuanto el borde superior del pistón A obtura las lumbreras (detalle 2); en cambio, el final de la inyección es variable y se regula por la rampa sesgada C. En cuanto esta rampa alcanza el borde inferior de la lumbrera derecha (detalle 3), deja de obturarla y por la ranura vertical B se restablece la comunicación entre el cuerpo de bomba y el colector del combustible, cesando la presión y, por tanto, la inyección.

Las posiciones 2 y 3 corresponden al principio y final de la máxima inyección (momento del arranque en frío); las 4 y 5 al consumo a plena carga y la 6, al suministro nulo, pues la ranura vertical tiene en constante comunicación el cuerpo de bomba con el

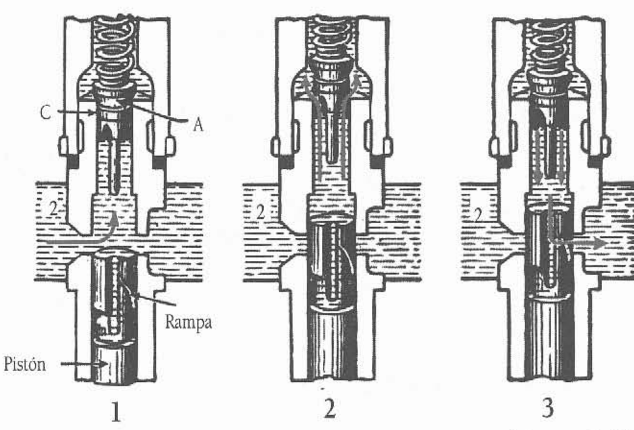


Figura 8.18.

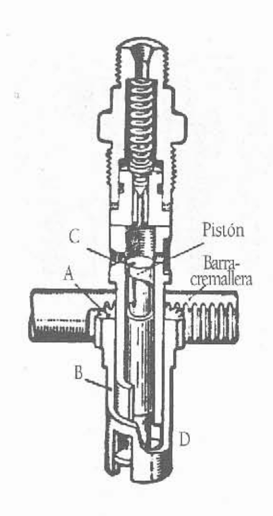


Figura 8.19.

colector (motor parado), aunque la carrera del pistón es siempre la misma.

La inyección tiene lugar pues, en la forma que representa la figura 8.18: en la posición 1 se carga el cuerpo de bomba; en la 2 sube el pistón y empuja el gasoil, que abre la válvula A forzando el resorte, y pasa al tubo que lo lleva al inyector; en 3, el borde de la rampa descubre la lumbrera derecha, el gasoil retrocede al colector al cesar su compresión, la válvula cae sobre su asiento y cesa la inyección.

Es interesante observar que la válvula A lleva en su asiento una parte maciza C, cuyo volumen se resta al de la tubería de conducción al inyector, lo que produce una fuerte caída de presión y vacío en el combustible de la tubería, que ahora ha de rellenar el espacio equivalente a esa parte maciza, y por tanto, el cese de la inyección es instantáneo.

El pistón 3 de la figura 8.16 se hace girar por medio de la barra-cremallera 10: la posición "a" es la de máxima inyección (arranque); la "b" de plena carga y la "c" de gasto nulo y parada del motor. Entre la "b" y la "c", la barra cremallera es movida por el acelerador.

Esta barra (Fig.8.19) engrana con la rueda dentada A de la camisa exterior giratoria B, que por su parte baja lleva dos escotaduras en las que entran los dos talones de la prolongación del pistón. El cuerpo de bomba C está fijo, pero al girar la camisa exterior (por el enganche inferior D) lo hace también el pistón inferior, con lo que se varía la posición de la rampa sesgada y la duración de la inyección.

9. AVANCE A LA INYECCIÓN

Ya se ha dicho que la turbulencia buscada con los diversas sistemas de inyección y formas de culata no anula el **retraso a la inflamación del gasoil**, sino que lo disminuyen, pues hay una parte de retardo que pervive. Además, las tuberías desde la bomba a los inyectores tienen una pequeña **elasticidad** que, unida a la compresibilidad del gasoil, hace que entre la embolada de la bomba y la salida por el inyector transcurra un tiempo reducidísimo, pero añadido al citado remanente del retardo a la inflamación, suman de una a dos milésimas de segundo durante las cuales el cigüeñal gira del orden de 15° a 45°, según que vaya el motor a 1.000 ó 3.000 rpm Esa cantidad, dependiente del número de revoluciones, es la que debe poderse corregir mediante el *avance variable a la inyección*, pues los 30°, poco más o menos de diferencia, harían que la combustión se produjera con tal retraso sobre el émbolo que el rendimiento bajaría mucho.

Como la bomba es movida por el árbol de levas que gira a mitad de revoluciones que el cigüeñal, el avance en aquélla será la mitad. En la práctica, bastan unos 8° en los motores corrientes de camión (velocidad máxima alrededor de 2.000 rpm) y es suficiente con 12° en los muy revolucionados.

9.1. Avance automático Bosch

En la figura 8.20-1 se muestra despiezado el mecanismo que en el detalle 2 aparece montado. El eje de la bomba Y se sujeta al disco D por la tuerca interior F. El disco tiene

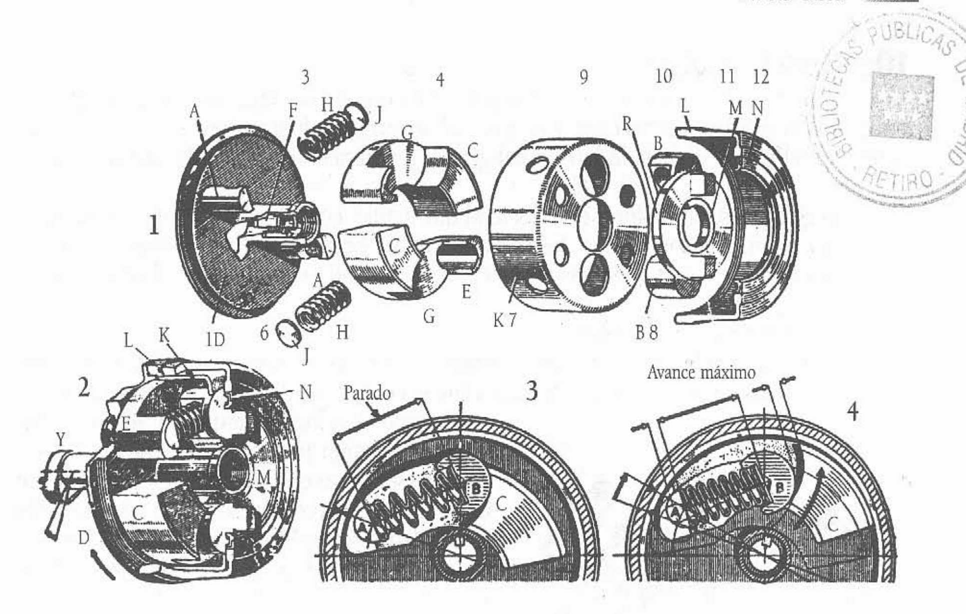


Figura 8.20.

dos pivotes A en los que encajan y giran los rebajes E de los contrapesos G, cuyos extremos C tienden a separarse por la fuerza centrífuga, tanto más cuanto más de prisa gire el motor. Éste pasa movimiento a la bomba por el acoplamiento R, cuyos tetones son los mismos de la pieza B en la figura 8.34 que explica el acoplamiento bomba-motor. Así pues, el mecanismo de avance automático está colocado entre el de arrastre y el eje de la bomba.

La pieza R (Fig.8.20) se enlaza con el disco D mediante los salientes B, que pasan a través de las ventanas de la tapa inferior K, y se apoyan en los rebajes curvados C (según se aprecia en los detalles 3 y 4); entre los salientes B y los pivotes A se intercalan los muelles H, cuya elasticidad permite que varíe la posición relativa entre B y D, girando un poco entre sí estas piezas (arrastre y bomba).

Con motor parado o en ralentí (detalle 3) los resortes H separan al máximo A de B; pero a medida que aumenta la rotación del motor, los pesos C tienden a separarse del eje, llegando a ocupar la posición del detalle 4. Por la forma de la escotadura de C, ésta va empujando los salientes B hacia A comprimiendo los muelles y por tanto, se adelanta progresivamente la bomba respecto al arrastre, el ángulo señalado en los dibujos 4 y 2. Este adelanto avanza la inyección proporcionalmente a la velocidad de giro del motor en una cuantía que puede llegar hasta 8° ó 12°, según los casos. Esta cantidad se varía poniendo o quitando arandelitas J, que acortan y hacen más dura o blanda la acción de H (menos o más posibilidad de avance).

El mecanismo, destinado a sustituir el de avance a mano antes descrito, va cubierto por el cárter L con juntas herméticas N (sobre la pieza para el arrastre R) y M en el eje, pues su interior va lleno de aceite que lubrica y facilita los movimientos relativos de las piezas.

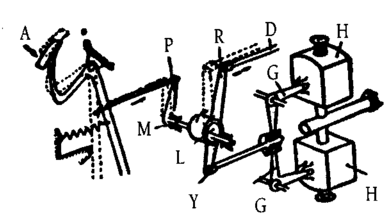
10. REGULADORES

Los motores Diesel están provistos generalmente de un regulador que les impide pasar de la velocidad máxima prevista, pues los enormes esfuerzos que sufren, si se ejerciesen con el motor embalado harían peligrar la resistencia mecánica de las piezas componentes.

Los reguladores, limitadores de velocidad que actúan conjuntamente con el acelerador, sin interferir con éste, son de tres clases: *mecánicos* de fuerza centrífuga (primer sistema de Bosch y corrientes en otras bombas de inyección), *neumáticos* o de vacío, e *hidráulicos*.

10.1. Regulador mecánico

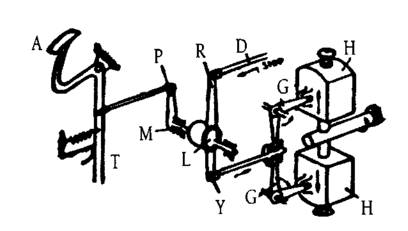
Está compuesto (Fig.8.16) por los contrapesos giratorios H, montados en un extremo del árbol de levas de la bomba, que actúan sobre el collar Y mediante las palancas acodadas G. Cuando la velocidad aumenta, los contrapesos H se separan por la fuerza centrífuga deslizándose sobre sus ejes soportes K, en los que hay unos resortes de contención, que hacen oscilar las acodadas G tirando del collar Y. Éste manda, a su vez, el extremo de la palanca R oscilante sobre la excéntrica L, cuyo eje M está montado en cojinetes del cárter de la bomba. El acelerador por medio de la palanca P, gira el eje M de la excéntrica, haciendo oscilar a éste (Fig. 8.21) y a la palanca R que sobre ella está montada, la cual avanza la parte superior, empujando la barra-cremallera D, que gira los pistones como ya se explicó.



Mando de la inyección por el acelerador

Figura 8.21.

Para una posición determinada del acelerador, y por tanto de la excéntrica L, puede suceder que el motor tienda a embalarse, por ejemplo en llano o cuesta abajo. Si el conductor no levanta el pie, el regulador reduce automáticamente la inyección, pues al separarse los pesos H (Fig. 8.22) oscilan las palancas G, tiran del collar Y, que hace oscilar la palanca R alrededor de la excéntrica L, tirando de la barra-cremallera D, con lo que giran los pistones, reduciendo la inyección.



Cómo actúa el regulador para que no se embale el motor

Figura 8.22.

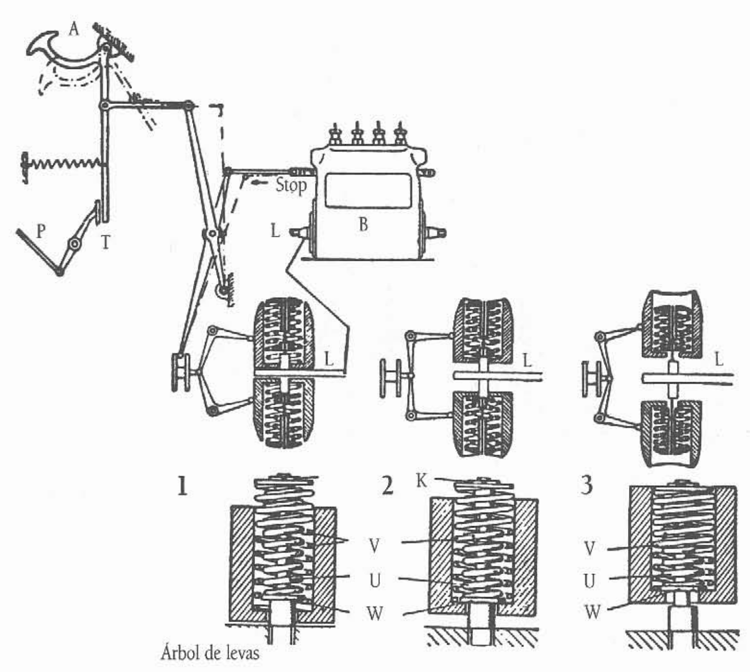
Los contrapesos tienen aún otra función, pues evitan que el motor se cale en ralentí regulando la marcha mínima. Para ello, cuando la velocidad de giro tiende a reducirse demasiado, los contrapesos se acercan al eje y accionan en sentido contrario la palanca R y la cremallera D. El detalle es el siguiente: cada contrapeso se desliza a lo largo de una barra K (Fig. 8.16) unida al eje de levas, y dentro de aquél (Fig. 8.23), en su hueco interior hay dos resortes, uno exterior blando V de ralentí y otro interior, fuerte y algo más largo U para una velocidad elevada. Cuando el motor se pone en marcha, cada contrapeso se separa un poco, venciendo el muelle V, hasta quedar como indica el detalle 2; si el motor tiende a pararse, los contrapesos se acercan (detalle 1), con lo que (Fig. 8.16) empujan Y, dando por la barra-cremallera más inyección. Entre el

ralentí máximo (Fig. 8.23-2) y la máxima velocidad de rotación calculada para el motor, los contrapesos no pueden vencer la resistencia del fuerte resorte interior U, que empieza en W, y el regulador no actúa dejando libre la acción del acelerador. Si la velocidad se hace excesiva, vencen la acción del resorte U y se separan más (detalle 3), y entonces accionan en sentido retardatriz la cremallera, según se dijo al principio.

Además, se añade otro resorte llamado *compensador*, que afina el ajuste de la alimentación según la velocidad, con objeto de que a un elevado número de revoluciones se restrinja más el envío de gasoil, no para cortar el embalamiento, que eso ya está conseguido con los otros muelles, sino que el consumo a alta velocidad puede y debe ser menor para evitar su despilfarro con producción de humo en el escape y carbonilla en los cilindros.

10.1.1. Parada del motor

El tope de reposo T (Fig. 8.22) del pedal del acelerador, que corresponde a la posición de ralentí, se suele poder retirar un poco con una palanquita que al moverla, suelta más atrás aún el acelerador, llevando por la cremallera los pistoncitos de la bomba a la posición de *gasto nulo* (Fig. 8.17-6), parándose el motor. En cuanto se pisa una vez el acelerador, esa palanquita es girada por su resorte y se coloca de nuevo haciendo de tope de ralentí. Como para arrancar el motor se pisa a fondo el acelerador con objeto de que la inyección sea máxima, automáticamente queda insertado de nuevo el tope T (Fig. 8.22).



Funcionamiento de los contrapesos en el regulador mecánico (1, 2 y 3)

Figura 8.23.

La figura 8.23 detalla la organización del mando de la bomba, análogo al de las figuras anteriores, desde el pedal del acelerador A hasta la barra-cremallera, así como las posiciones explicadas de los contrapesos del regulador. El tope T, que es la posición de descanso del acelerador (ralentí), puede moverse al tirar desde el tablero (o con un acelerador de mano situando en el volante) del mando P, para colocar la cremallera en la posición "Stop" (parada del motor) que corta por completo el envío de gasoil a los inyectores, como acaba de explicarse.

10.2. Regulador para fijar la velocidad

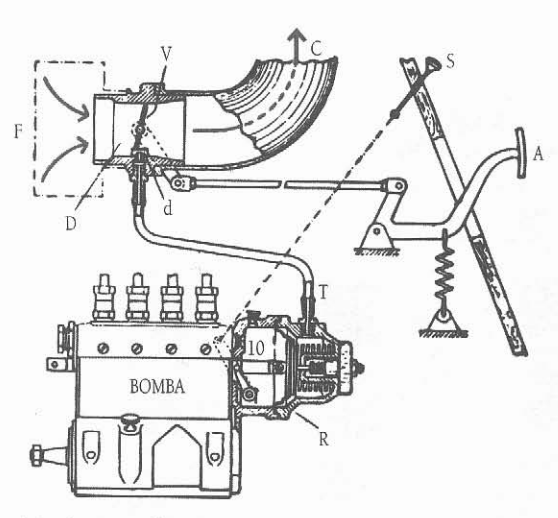
El regulador mecánico explicado en las figuras 8.21 y 8.22 actúa para impedir el embalamiento y sostener el ralentí; es decir, es un *regulador de máxima y mínima.*

Hay otro tipo más empleado en embarcaciones y tractores, que permite sostener constante una velocidad prefijada, adaptando la inyección a la carga. En su organización es muy parecido al anterior, pero en vez de acelerador A (Fig. 8.21) suele llevar una palanca de mano, sustituyéndose el eje M con la excéntrica L por otro de palancas.

Fijada con la palanca de velocidad del motor (que corresponde a la elegida para el vehículo), o sea, marcada una posición base para la corredera, los contrapesos dan más o menos combustible, según que la carga tienda a reducir o aumentar la velocidad elegida.

10.3. Regulador de vacío

Colocado en un extremo de la bomba (Fig. 8.24), el regulador de vacío R mueve directamente la cremallera; pero el pedal del acelerador lo hace por intermedio del mismo regulador, que necesita disponer en la entrada del colector de aire C, después del filtro F, un difusor D con válvula de mariposa V y en su borde el pequeño difusor "d" del que viene una tubería T al regulador R. El acelerador A lo que mueve es la mariposa V (como la de un motor de explosión), y el mando del combustible por la cremallera 10 de la bomba se realiza como consecuencia de los dos principios que rigen el vacío en toda tubería de aspiración:



Regulador de vacio Bosch
Figura 8.24.

- 1° Para una misma velocidad del motor, el vacío es tanto mayor cuanto más se cierre la mariposa.
- 2° Para una misma posición de la mariposa, el vacío es tanto mayor cuanto mayor sea la velocidad del motor.

Dentro del regulador R hay una membrana que obligada por un resorte, echa hacia la izquierda la cremallera 10, en este caso para aumento en el suministro del combustible. Suponiendo que el motor está en marcha, por T (Fig. 8.25) llega a la cámara del regulador el vacío de la aspiración y atrae la membrana M a la derecha (puesto que por la otra cara

tiene la presión atmosférica), marcando a la cremallera 10 un determinado suministro. Si el conductor pisa el acelerador para aumentar la velocidad o subir una cuesta, abre un poco la mariposa, el vacío baja (principio 1°) y la membrana se corre a la izquierda por la fuerza del resorte E, empuja la cremallera y aumenta el suministro de combustible. En cuanto el vehículo se aceleró o subió la cuesta, si el conductor levanta el pie se cierra la mariposa, aumenta el vacío (principio 1°), la membrana es atraída hacia la derecha tirando de la cremallera que cierra el suministro de combustible.

Se ve, pues, que el acelerador mueve la cremallera, usando como servomotor el vacío de la tubería de aspiración, que actúa en la cámara de la membrana.

Como regulador actúa del siguiente modo: si en el ejemplo citado, al aumentar la velocidad del vehículo el conductor no levanta el pie, a medida que el motor gira más de prisa, el vacío aumenta (principio 2°) y automáticamente la membrana es atraída a la derecha, cerrando la cremallera 10 el suministro de gasoil, con lo que se impide que el motor se embale.

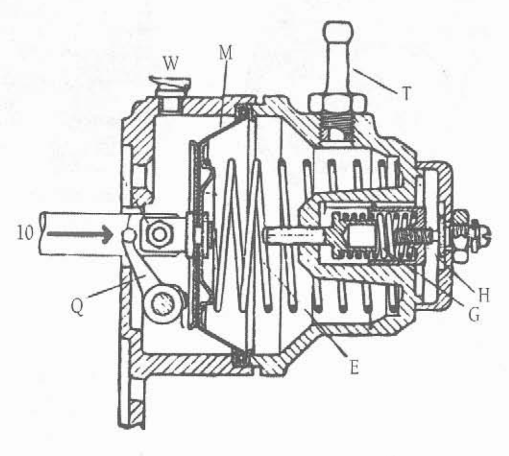


Figura 8.25.

Cuando el motor gira en ralentí (Fig. 8.24), como la mariposa está cerrada, todo el aire pasa por el pequeño difusor "d", el vacío es muy grande y la membrana M (Fig. 8.25) se apoya hacia la derecha en la varilla del pistón con resorte G; la fuerza de éste impide correrse tanto a la derecha que la cremallera cierre el paso del combustible y el motor se cale. Si éste tiende a pararse, el vacío baja un poco (principio 2°) y la fuerza del resorte G se añade a la de E para correr a la izquierda la cremallera, aumentando el suministro de gasoil para evitar que la velocidad baje tanto que el motor se llegue a calar.

Cuando se quiere parar el motor, se tira del botón S (Fig. 8.24) colocado en el tablero; el cable unido a S acciona hacia la derecha la palanca Q (Fig. 8.25), que arrastra la cremallera 10 a su posición extrema, venciendo la fuerza de los resortes E y G; el suministro de gasoil se corta y el motor se para.

La casa Leyland monta en sus motores un *regulador mixto o combinado C.A.V.*, que está compuesto por elementos simplificados de los tipos mecánicos y elementos del tipo de vacío. Dicho regulador, representado en la figura 8.26, tiene los siguientes elementos: 1, orificio de llenado de aceite para la lubricación de la bomba y para la varilla medidora del nivel; 2, botón para el arranque que al oprimirlo obliga a girar la leva 13, que presenta la muesca ante el tope 10, que limita la inyección, permitiendo que la cremallera 4 avance más, dando la máxima inyección posible para que arranque el motor; en cuanto gira, el vacío que llega por 12 tira del diafragma 14 y cremallera 4, con lo que 13 vuelve con 2 a su anterior posición; 3, es la leva que al girar su eje tira totalmente de la cremallera cortando el envío de gasoil (gasto nulo) parando el motor; 4, la barra-cremallera; 5, los ajustes de máxima velocidad; 6, los contrapesos del regulador centrífugo de máximas; 7, el eje de levas de la bomba; 8, un resorte de contra-

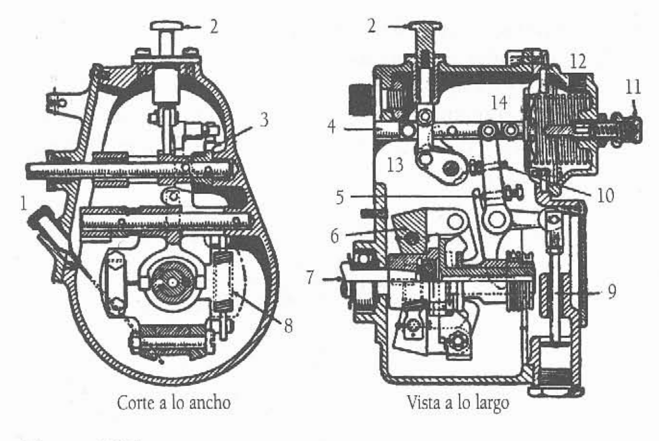


Figura 8.26.

peso; 9, amortiguador de aceite para que no oscile el movimiento de la cremallera, que funciona por el freno que representa el paso del aceite por el orificio de su pistoncito inferior; 10, limitador de la inyección máxima (excepto para arrancar); 11, regulador de vacío que sostiene el ralentí; 12, llegada del vacío desde la admisión de aire con mariposa; 13, leva con muescas para anular la limitación de 10 al arrancar; 14, diafragma o membrana.

Comparando la regulación mecánica con la de vacío, se ha comprobado que si a un regulador centrífugo se le libera de la obligación de mantener el ralentí y se le dedica sólo a limitar la velocidad máxima, actúa con precisión y eficacia mejores, mientras que al regulador neumático le ocurre lo contrario, pues controla más eficazmente las bajas velocidades y sostenimiento del ralentí, para las que opera con gran sensibilidad.

10.4. Regulador hidráulico

Viene incorporada a los últimos modelos de C.A.V (tipo Bosch). Del colector de combustible 2 (Fig. 8.40) que alimenta los cuerpos de bomba, se deriva un tubo A por el que aspira gasoil la bomba de engranajes B, movida desde el árbol de levas de la bomba inyectora, o sea, con velocidad proporcional a la del cigüeñal motor. El gasoil es enviado al cilindro C, en el que puede deslizarse el émbolo E con un orificio F, por el cual sigue el combustible a la cámara G y cuerpo de bomba K. En G también se señala una válvula que permite pasar el gasoil al cuerpo H si cede el resorte que separa la cabeza de la válvula G del pistón J, sobre el que actúa el acelerador.

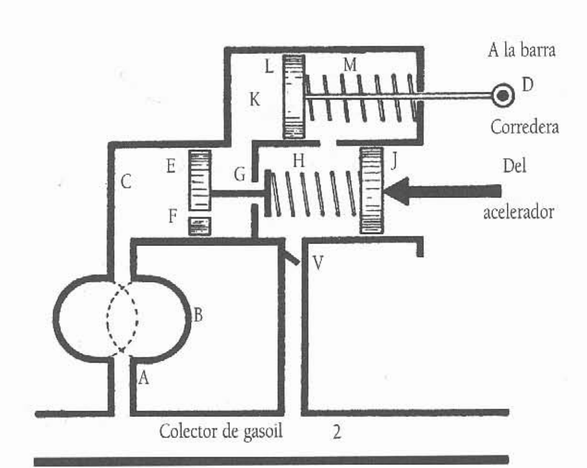


Figura 8.27.

Como la bomba B envía continuamente combustible, éste tiene salida por la válvula con resorte graduado V, por la que regresa el sobrante al colector 2.

En el cuerpo de bomba K hay otro émbolo L con un resorte en la cámara M, a lo largo del cual sale el vástago del pistón L hasta enlazarse con la barra-cremallera D que gradúa el gasto de los elementos de bomba. Las cámaras H y M se comunican entre sí. Las tensiones de los resortes M, H y de la válvula V están debidamente calculadas para equilibrarse en el funcionamiento, que es el siguiente:

Suponiendo el motor al ralentí (o sea, con el acelerador suelto y, por tanto, con la mínima tensión sobre H), si el motor tiende a detenerse, la bomba B enviará menos gasoil, baja la presión en C y entonces el muelle H vence y corre G y E a la izquierda; con esto se cierra la válvula G y no teniendo el gasoil salida hacia V aumenta su presión en C y también en K, pues el pistón L va a la derecha y la cremallera D dará más paso de combustible a los cilindros, con lo que el motor que tendía a pararse se acelerará. Pero si lo hace en exceso sobre el ralentí previsto, B irá más de prisa, aumenta el flujo y presión del gasoil en C, empuja E a la derecha y se abre la válvula G para descargar por V el exceso de presión; de este modo el ralentí se mantiene en su debida velocidad.

Si ahora se supone el acelerador pisado a fondo, J se desplaza a la izquierda oprimiendo y aumentando la tensión del resorte H; a la válvula G le costará más trabajo abrirse y, por tanto, la presión admisible en C y en K será mayor, y el pistón L empujará la cremallera hacia el suministro máximo. El gasoil que está en M puede pasar a H por el orificio que comunica ambas cámaras, y como la presión aumentó al correr L a la derecha, ayuda al muelle H a mantener cerrada la válvula G.

Pero si el motor tiende a embalarse pasándose de la máxima velocidad de giro prevista, la bomba B enviará tanto líquido que el agujero F no puede darle suficiente salida, y, al aumentar más

Sistema de inyección con bomba de inyección en línea reguladora mecánicamente.
1 Depósito de combustible 2 Bomba de aliemntación 3 Filtro de combustible 4 Bombade inyección en línea 5 Variador de avance 6 Regulador del número de recoluciones 7 Portainyector con inyector 8 Tubería de retorno de combustible 9 Bujía de espiga incandescente (GSK) 10 Batería 11 Interruptor de incandescencia y arranque 12 Unidad de control del tiempo de incandescencia (GZS)

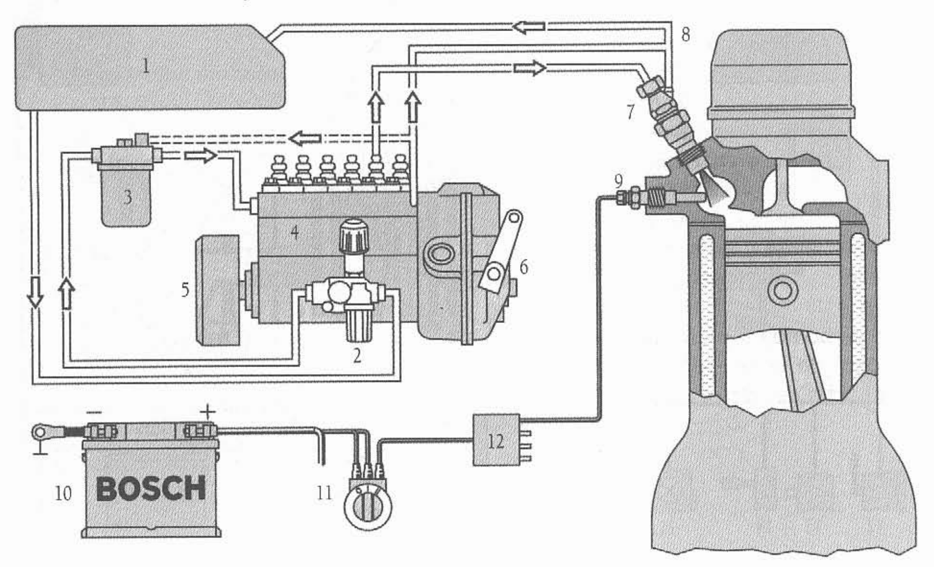


Figura 8.28.

la presión en C, el émbolo E se deslizará a la derecha, abriendo más G para descargar el gasoil por V; con ello baja la presión en K, y el muelle M correrá L a la izquierda tirando de la barra-corredera, que disminuye el suministro a los cilindros y tiende a bajar la velocidad del motor.

Se ve pues, que tanto para el ralentí como para la velocidad máxima, el regulador funciona con independencia del acelerador, manteniendo el motor dentro de los límites de giro mínimo y máximo calculado. Por su parte, entre dichos límites, el acelerador actúa a través de J y H, permitiendo dar la alimentación de combustible que los cilindros necesitan, a voluntad del conductor.

La principal ventaja del regulador hidráulico es que proporciona ralentíes más reducidos, velocidades máximas mayores, y con más fijeza; con el regulador mecánico exigirían, además, contrapesos y esfuerzos excesivamente grandes.

11. BOMBAS DE INYECCIÓN EN LÍNEA PE

En la figura 8.28 se ve un sistema de inyección con bomba en línea regulado mecánicamente.El combustible es transportado a través de la tubería de inyección hasta el inyector a través del depósito y bomba de alimentación.

En la figura 8.29 se puede ver el mismo sistema con regulación electrónica de la bomba de combustible.

Sistema de inyección con bomba de inyección en línea reguladora electrónicamente

1 Depósito de combustible 2 Bomba de aliemntación 3 Filtro de combustible 4 Bombade inyección en línea 5 Dispositivo de parada eléctrico 6 Sensor de temperatur de combustible 7 Sensor de recorrido de regulación 8 Mecanismo de actuador con imán lineal 9 Sensor de recoluciones 10 Inyector 11 Sensor de temperatura de líquido 12 Sensor del pedal acelerador 13 Interruptor del embrague freno motor 14 Unidad de operación 15 Lámpara de advertencia y conexión de diagnóstico 16 Tacógrafo o sensor de la velocidad de marcha 17 Unidad de control 18 Sensor de temperatura de aire 19 Sensor de la presión de sobrealimentación 20 Turbocompresor 21 Batería 22 Interruptor de incandescencia y arranque

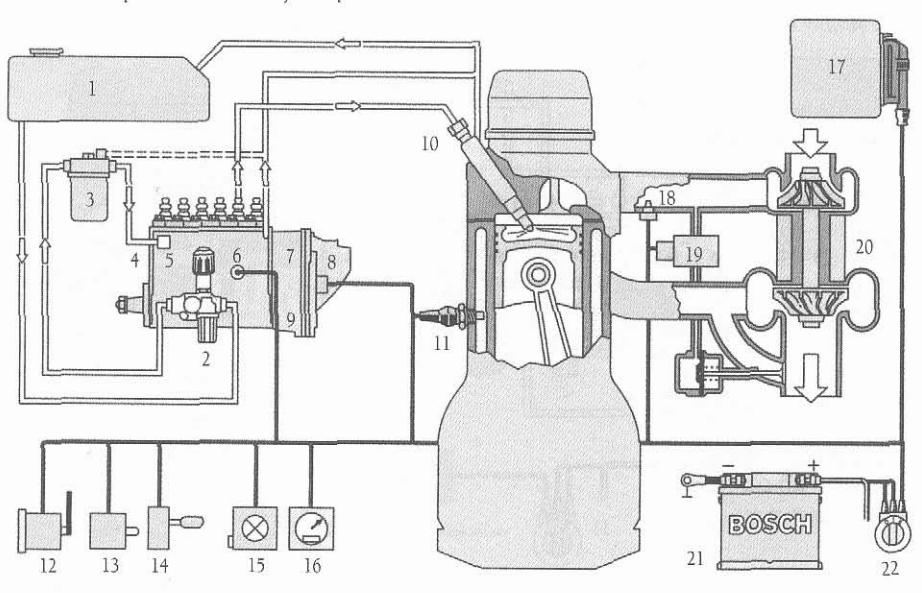


Figura 8.29.

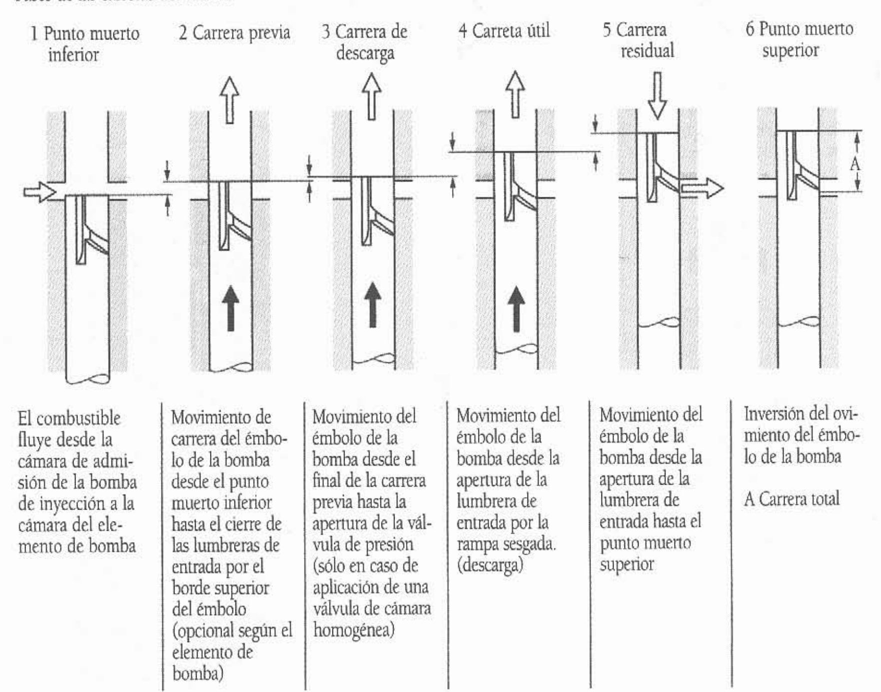


Figura 8.30.

Regulación del caudal de alimentación.

Con barra reguladora dentada. a Alimentación nula b Alimentación parcial c Alimentación total.
1 Cilindro de la bomba 2 Lumbrera de entrada 3 Émbolo de la bomba 4 Rampa sesgada 5 Varilla de regulación

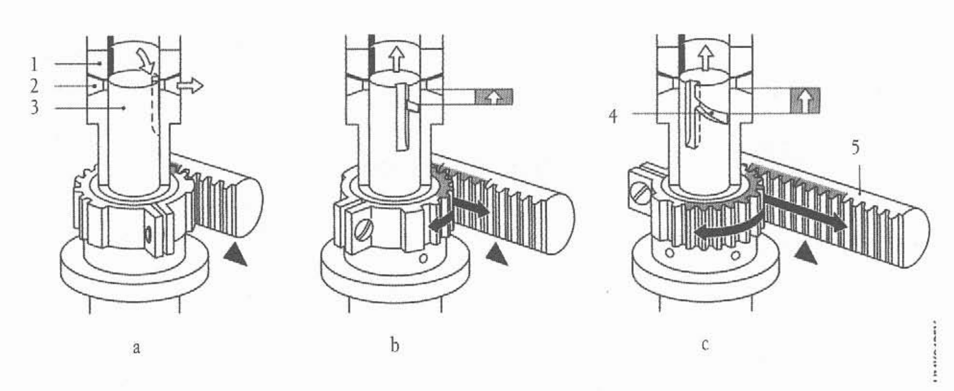


Figura 8.31.

Bomba de inyeccion en línea tipo PE A

1. Segmento dentado 2. Manguito de regulación 3 Tapa del recinto de muelle 4 Racor de impulsión 5 Portaválvula de presión 6 Válvula de presión 7 Cilindro de bomba 8 Émbolo de bomba 9 Varilla de regulación 10 Talón del émbolo 11 Muelle del émbolo 12 Platillo elástico 13 Tornillo de ajuste 14 Impulsión de rodillo 15 Árbol de levas

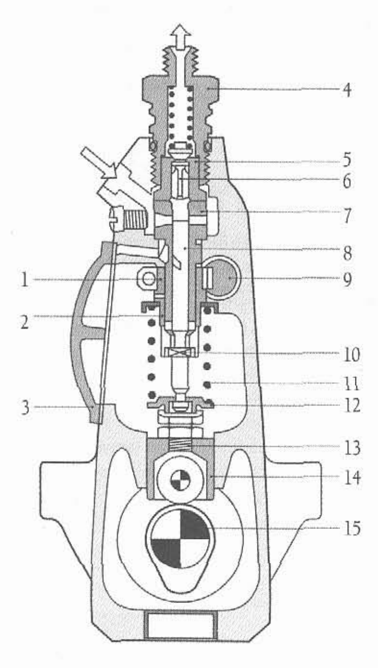


Figura 8.32.

Elementos de bomba

a Elemento con una lumbrera b Elemento con dos lumbreras
1 Elemento con una lumbrera 2 Ranura vertical 3 Cilindro 4 Émbolo
5 Lumbrera de mando (entrada y retorno 6 Rampa sesgada

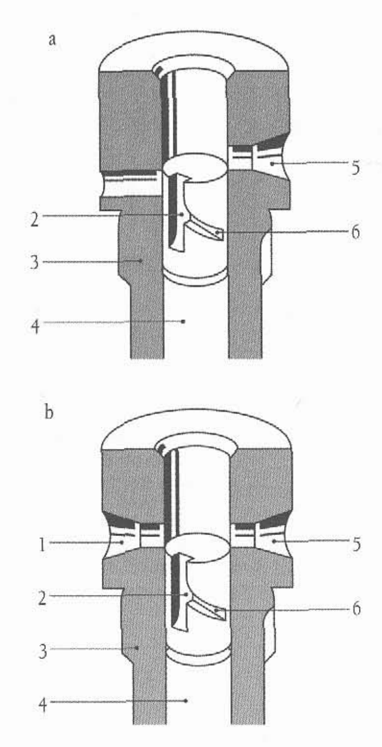
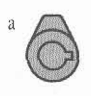
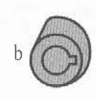


Figura 8.34.

Arista trasera de la leva. Variantes

a Leva simétrica b Leva con paso escéntrico c Leva con seguro contra retroceso





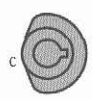


Figura 8.33.

En las figuras 8.30 y 8.31 se aprecian las sucesiones de las fases de carrera del émbolo y la regulación del caudal de alimentación ya explicado y en la figura 8.24 se muestra un corte transversal de la bomba en línea.

11.1. Formas de las levas

Las diferentes formas de la cámara de combustión y los distintos métodos de combustión exigen condiciones de inyección individuales; es decir, para cada tipo de motor es necesaria una adaptación especial del proceso de inyección. La velocidad del émbolo y con ella la duración de la inyección dependen de la carrera de la leva en relación con el ángulo de leva. Por este motivo hay formas de levas de distintas ejecuciones, figura 8.33. Existen levas simétricas, levas con paso excéntrico y levas con seguro contra el retroceso que dificulta el arranque del motor con giro no deseado.

Elementos de bomba con retorno de fugas
a 1 Ranuras de retorno de fugas 2 Ranura anular en el émbolo
b 1 Taladro de retorno de fugas 2 Ranura anular en el cilindro

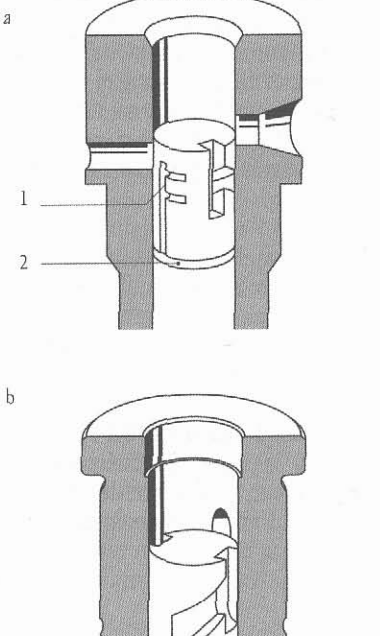


Figura 8.35.

Variatens de émbolos de bombas
a Rampa sesgada inferior
b Rampa sesgada superior e inferior
c Rampa sesgada inferior con ranura de arranque (1)

Figura 8.36.

11.2. Elementos de bomba

Ejecuciones básicas de elementos de bomba. – Los elementos de bomba constan de émbolo y cilindro de bomba. La rampa sesgada determina el momento de inyección. El ajuste entre émbolo y cilindro es de mucha precisión. El émbolo de bomba presenta una **ranura longitudinal** y otra **transversal**. La rampa sesgada que se forma en la pared del émbolo es conocida como **borde de distribución**, figuras 8.34 a y 8.34 b.

Para presiones de inyección de hasta 600 bar es suficiente un borde de distribución; para presiones mas elevadas el émbolo tiene dos bordes enfrentados. La medida impide el gripado de los elementos, debido a que el émbolo no es presionado de forma lateral contra la pared del cilindro por efecto de la presión.

Racor de impulsión con válvula de presión
a Cerrada
b en alimentación.
1 Racor de impulsión 2 Muelle de la válvula de presión 3 Válvula de presión 4 Asiento de la válvula de presión 5 Portaválvula de presión

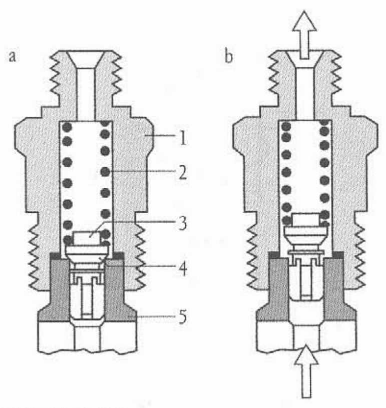


Figura 8.37.

Elementos de bomba con retorno de fugas

Las fugas provocan un contacto del gasoil con el aceite, en el caso de que la bomba esté en contacto con él, provocando la dilución del mismo. Para evitarlo el cilindro de la bomba tiene una ranura anular comunicada con la válvula de admisión a través de un orificio, o bien el combustible de fugas se acumula en una ranura anular del émbolo, figura 8.35, y se reconduce mediante ranuras dispuestas de forma conveniente.

Variantes

Para mejorar el comportamiento del arranque en algunos motores se utilizan émbolos de bombas especiales con una ranura de arranque. Figura 8.36, que retardan en el momento de arranque el comienzo de la inyección.

11.3. Válvulas de presión

Situada a la salida del cuerpo de bomba hacia el inyector, la misión de la válvula es separar el circuito de alta presión entre la tubería de impulsión y el émbolo de la bomba y "descargar", tras la inyección, la tubería de impulsión hasta una presión residual determinada. La descarga origina un cierre rápido e impide el goteo. En la figura 8.37 se detalla una válvula de presión.

Cono de válvula de presión de cámara homogénea
a Norma
b Con compensación.
1 Asiento de válvula 2 Émbolo de descarga 3 Ranura anular 4 Vástago de válvula de presión 5 Ranura vertical 6 Tallado

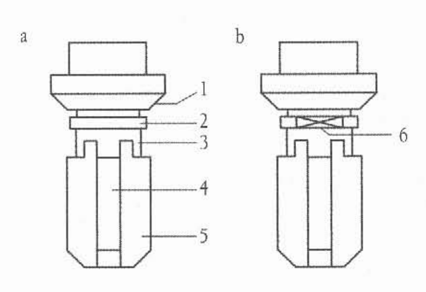


Figura 8.38.

Racor de impulsión con estrangulador
1 Racor de impulsión 2 Muelle de la válvula 3 Placa de válvula 4 Portaválvula

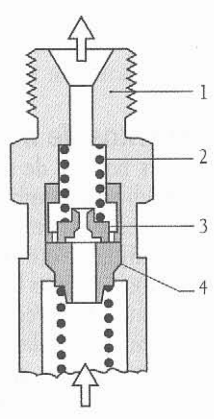


Figura 8.39.

Válvula de presión de cámara homogénea GRV.

En ella una parte del vástago de la válvula está formado como émbolo de descarga y adaptado con poca holgura en la guía de válvula. Al producirse la desactivación de la inyección, el émbolo penetra en la guía de válvula y cierra el paso de combustible desde la tubería de impulsión a la cámara de alta presión. Con ello se mantiene el volumen a disposición en la tubería de impulsión para una posterior inyección separado del volumen de carrera en el émbolo de descarga. El volumen está adaptado a la longitud de la tubería de impulsión y no se puede cambiar la tubería. En la figura 8.38 se ve el tallado especial de la válvula para conseguir un buen flujo de caudal.

Válvula de presión homogénea

1 Portaválvula 2 Cono de válvula 3 Muelle de válvula 4 Pieza de relleno 5 Muelle de compresión 6 Platillo elástico 7 Bola 8 Estrangulador de paso

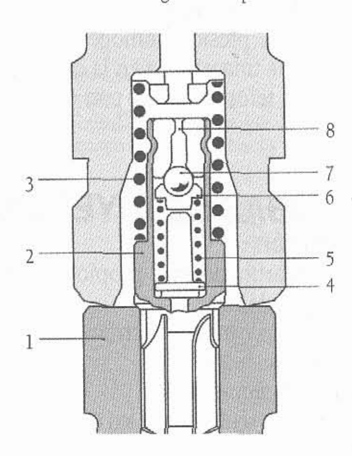


Figura 8.41.

Válvula de cámara homogénea con estrangulador de retroceso

El estrangulador de retroceso RSD puede aplicarse adicionalmente a la válvula de cámara homogénea. El estrangulador amortigua y elimina efectos negativos que se produzcan por ondas de presión, al cerrar el inyector. Se sitúa en la

Bomba de inyección en línea PES

1 Racor de impulsión 2 Suplemento 3 Muelle de la válvula de presión 4 Cilindro de bomba 5 Válvula de presión 6 Lumbreras de admisión y mando 7 Rampa de mando 8 Émbolo de bomba 9 Casquillo de regulación 10 Talón de émbolo 11 Muelle del émbolo *12 Platillo de muelle 13 Impulsor de rodillo 14 Leva 15 Varillo de regulación*

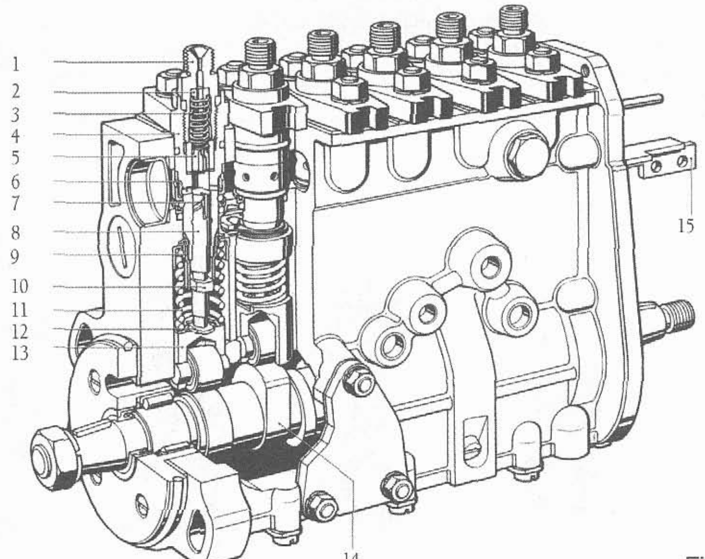


Figura 8.42.

parte superior del racor de impulsión, entre la válvula de cámara homogénea y el inyector. La válvula se abre en sentido de la alimentación, soportando presiones de 800 bares. Figura 8.40.

Válvula de presión homogénea

La válvula de presión homogénea GDV, se emplea en bombas de grandes presiones de inyección. Tiene una válvula en la dirección de alimentación y una válvula de retención en la dirección de retorno. Existe con ella una mejor estabilidad hidráulica, figura 8.41.

12. BOMBAS DE INYECCIÓN EN LÍNEA ESTÁNDAR PE

Construcción

Tienen un árbol de levas propio y elemento de bomba por cada cilindro del motor figura 8.42. Tiene además:

Regulación mecánica o electrónica
- Variador de Avance
- Bomba de alimentación
- Tuberías de acuerdo con los cilindros.
- Inyectores.

Relación general de bombas de inyección en línea PE.

Características	Bombas de inyección en línea PE				
	M	A	MW	P1...3000	P7100...8000
Presión de inyección en bar (lado de la bomba)	550	750	1100	950	1300
Aplicación	Turismos y vehículos de transporte	Camiones ligeros y medianos, tractores, motores industriales			Camiones pesados, motores industriales
Potencia de cilindro en kW/cilindro	20	27	36	60	160

Bombas de inyección en línea. Comparación de tamaños (vista lateral)

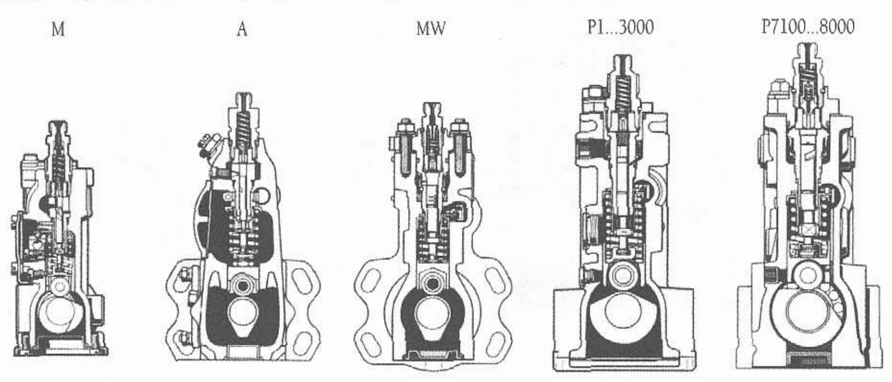


Figura 8.43.

Las presiones de inyección conseguidas son de 400 a 1150 bar. Para lubricar las piezas móviles que no están en contacto con el gasoil hay una cantidad de aceite dentro de la bomba conectada al aceite del motor. Todos los modelos están agrupados en series constructivas que se solapan parcialmente y que se diferencian en los siguientes apartados. Las bombas de inyección en línea existen en dos ejecuciones divergentes entre sí. La ejecución M y A y la ejecución de la bomba MW y P. La potencia conseguida con estas bombas, en los motores, va desde 10 KW hasta 70 KW, por cada cilindro.En la figura 8.43, se ven los distintos tamaños de bombas.

12.2. Impulsión de la bomba de inyección en línea

Figura 8.44. El árbol de levas mueve el rodillo y el émbolo. La carrera total es invariable, el caudal varía por el giro de émbolo de la bomba. La carrera ascendente la asume la leva, la descendente el muelle del émbolo. El desfase angular entre una leva y la siguiente garantiza una coincidencia exacta de la sucesión de inyección.

Elementos de bomba (accionamiento)

a Posición PMI b Posición PMS 1 Leva 2 Impulsor de rodillo 3 Platillo de muelle inferior 4 Muelle de émbolo 5 Platillo de muelle superior 6 Casquillo de regulación 7 Émbolo de bomba 8 Cilindro de bomba

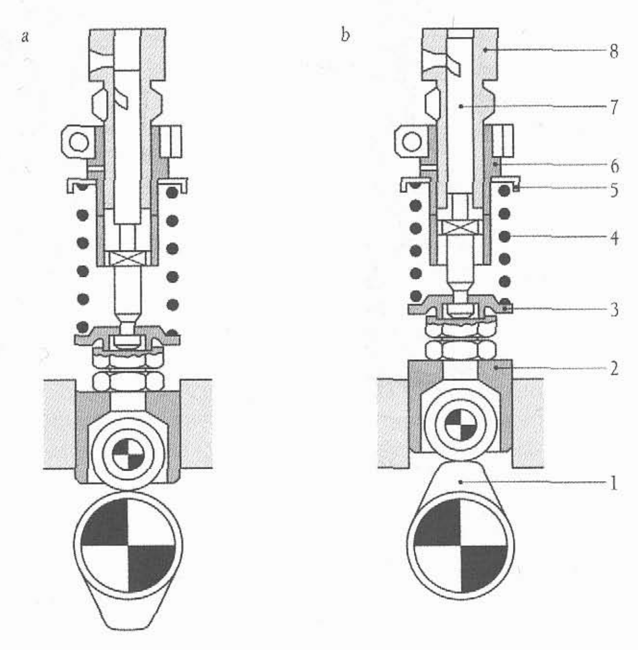


Figura 8.44.

12.3. Componentes adicionales

12.3.1. Regulaciones

La misión principal del regulador es limitar el régimen máximo del motor. El motor Diesel sin carga se aceleraría hasta la autodestrucción si existiera caudal de inyección suficiente.

Debe regularse el régimen de ralentí y el régimen máximo final, además el regulador debe cumplir las tareas:

- Modificar el caudal en plena carga según el régimen, la presión atmosférica y la presión de carga.
- Dosificar el caudal necesario para el arranque

Para ello el regulador determina el caudal a través de la varilla reguladora, que hace girar al émbolo. Figura 8.45. Los reguladores neumáticos ya no se emplean debido a las exigencias actuales.

Regulación del caudal de alimentación

Con palanca de ataque 1 Émbolo 2 Cilindro 3 Varilla de regulación 4 Casquillo de regulación 5 Muelle del émbolo 6 Talón del émbolo

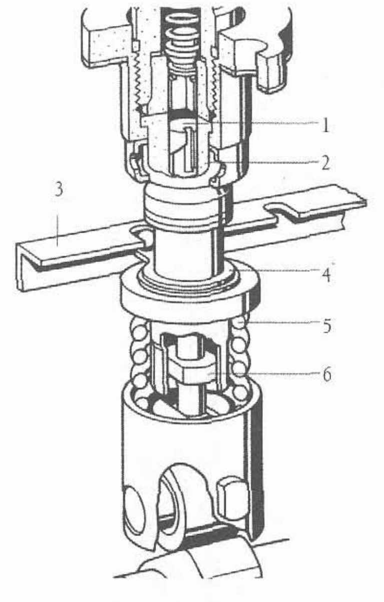


Figura 8.45.

Variador de avance (estructura)

1 Parte de accionamiento 2 Parte de salida de fuerzo (cubo) 3 Cuerpo 4 Excéntrica de ajuste 5 Excéntrica de compensación 6 Perno del cubo 7 Contrapes 8 Disco de apoyo

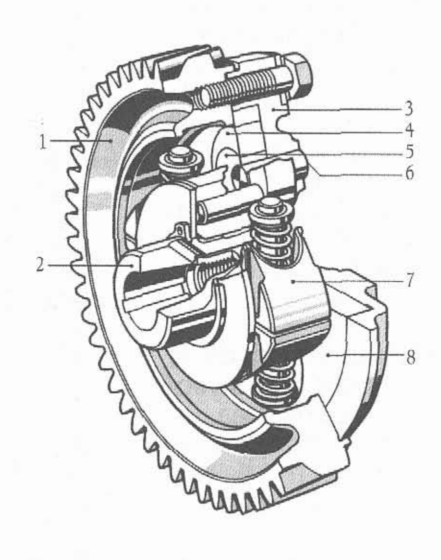


Figura 8.46.

Regulación mecánica

Se utilizan diversos tipos.

- Reguladores de "régimen final", que limitan el régimen máximo de revoluciones.
- Reguladores de "ralentí final", que regulan el régimen de ralentí y el final pero no el márgen entre éstos regímenes
- Reguladores de "todo régimen" que además de regular el régimen de ralentí y el régimen final, regulan también el régimen de revoluciones entre ellos.

Regulación electrónica

La regulación electrónica Diesel EDC, permite la medición eléctrica y un procesamiento de datos electrónico flexible. En comparación con los reguladores convencionales mecánicos, los reguladores electrónicos ofrecen funciones de regulación mejoradas como nuevas funciones. Constan de :

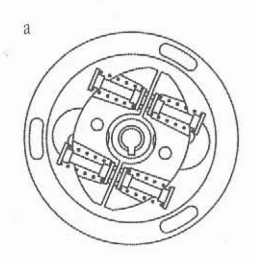
- Sensores
- Aparato de mando electrónico
- Mecanismo actuador adosado a la bomba.

12.3.2. Variación del Avance

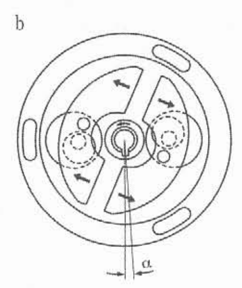
Con el "variador de avance", se modifica el comienzo de la alimentación y por tanto el momento de la inyección en el cilindro.Figura 8.46. El variador tipo excéntrica transmite el momento de accionamiento de la bomba de inyección y ejerce así su función de regulación.

Variador de avance (funcionamiento)
a en reposo
b Posición a régimen bajo
c Posición a régimen medio
d Posición final a régimen alto
α Ángulo de avance

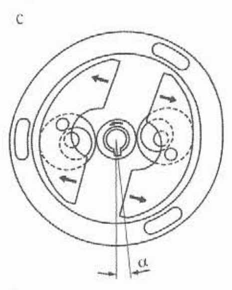
a



b



c



d

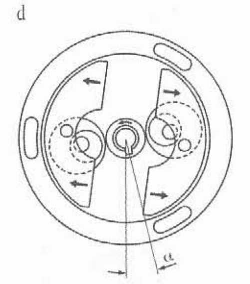


Figura 8.47.

Estructura

En las bombas de inyección en línea, el variador de avance está montado directamente sobre el árbol de levas de la bomba de inyección. Se distingue por su ejecución **abierta o cerrada.** Un variador cerrado lleva fuera de la caja de engranajes un llenado de aceite que asegura una lubricación independiente del motor.

En la ejecución abierta el variador está en contacto con el aceite del motor. Dentro del cuerpo van alojadas de forma que puedan girar, las excéntricas de ajuste de compensación. Son conducidas por un bulón fijado en el cuerpo. Las ventajas de la ejecución menor, está en los costes mas reducidos .

Funcionamiento.

Las parejas excéntricas acopladas entre sí establecen la unión entre el accionamiento y la salida de fuerza figura 8.46.

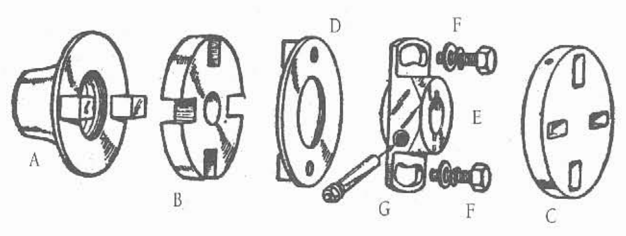
Las excéntricas mayores de ajuste 4, se encuentran en los orificios del disco 8, atornillado con la parte de accionamiento 1. En ellas están adaptadas las excéntricas de compensación 5, conducidas por las de ajuste y por el bulón del cubo 6.

El bulón del cubo está unido a la salida de fuerza 2. Los contrapesos 7 engranan con los pernos en las excéntricas de ajuste 4 y son mantenidos en su posición de reposo mediante muelles de progresión figura 8.46.

13. OTROS ASPECTOS DE LA BOMBA DE INYECCIÓN

13.1. El acoplamiento y puesta en fase

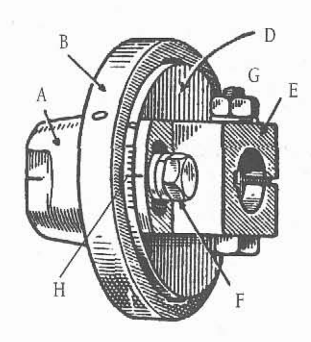
La bomba de inyección se coloca a un costado y paralela al motor, de cuyos engranajes de distribución recibe el giro a través de un acoplamiento exacto, pero que puede absor-



Arrastre de la bomba por disco intercalado con otro de apriete y reglaje desde el lado del motor

Figura 8.48.

ber un ligero desvío si existiese entre ambos ejes, conductor y conducido (en este aspecto actúa como una junta cardan, pero con muy poca tolerancia). Para ello (Fig. 8.48), el eje de levas de la bomba recibe en su extremo exterior la pieza A, fijada de modo que cuando una de sus dos referencias (según si la bomba gira a derechas o lo hace a izquierdas) coincida con el trazo grabado en el cárter de la bomba, ésta tiene su primer embolito en la posición precisa para inyectar.



El arrastre montado
Figura 8.49.

Los tetones de A entran en dos escotaduras del disco de acoplamiento B (que modernamente tiene la forma cerrada C); en las otras dos entran los tetones de D. Para hacer el efecto de cardan citado, el disco debe quedar holgado entre A y D con un juego total de 2,5 décimas. A la pieza D se atornilla la E, que recibe en su centro el eje que trae el giro desde la distribución. E y D se aprietan con dos tornillos F que, por las ventanas ovaladas, permiten una variación de 15° a cada lado (o sea, en total 30°, que en un motor de cuatro tiempos son 60° de giro del cigüeñal). El conjunto montado se representa en la figura 8.49.

El motor debe ponerse de modo que su primer cilindro esté, en el momento adecuado de la inyección, al final de su carrera de compresión, bien porque hay referencias en el volante, o sino porque se toma el término medio de 10° antes del PMS. En esas condiciones puede acoplarse la bomba al eje que le trae el giro desde la distribución, que se conecta a la pieza E, apretándose, para que ciña a aquel eje, con el espárrago pasante con tuerca G.

La puesta en fase queda así hecha, pero puede afinarse con los tornillos F que, al aflojarse, permiten girar E (Fig. 8.47) respecto a D, o sea, respecto a A (Fig. 8.35); esto se mide en la escala H donde cada división son 3° de giro (o sea, 6° en el cigüeñal de un cuatro tiempos).

13.2. El engrase

La bomba lleva un tapón W (Fig. 8.16) para echarle aceite fluido, del tipo usado para el motor en invierno, que lubrica el eje de levas y el regulador mecánico; el nivel se comprueba con la varilla V, y la renovación se hará a la vez que en el motor. A veces el regulador mecánico tiene cárter independiente del de la bomba, y entonces se echará aceite por los dos orificios. En la figura 8.26 se ve otra disposición, con el orificio y varillas laterales 1.

Los reguladores neumáticos necesitan aceitar el cuero de la membrana para que se conserve flexible y no se reseque; a cada cambio de aceite en el motor, se echará un poquito de aceite por W (Fig. 8.25).

Los pistones e inyectores se autolubrican con el propio gasoil que para esto tiene propiedades engrasantes suficientes.

13.3. Los reglajes

La bomba de inyección e inyectores precisan de unos ajustes mecánicos y de funcionamiento que implica que sean manipulados por personal cualificado. A lo más que debe llegar el conductor, es a purgar de aire la bomba y canalizaciones, para lo cual aquélla tiene un tornillo X (Fig. 8.16) que, al abrirse y poner el motor en marcha con el arrancador al máximo gasto, deja salir las burbujas de aire; a la vez se debe quitar el tapón superior del filtro.

MOTOR GASOLINA	REGLAJES *Fin de la compresión*	MOTOR DIESEL
Por el arco eléctrico entre los electrodos de la bujía.	La combustión es iniciada...	Por el inicio del comienzo de la inyección.
Por el comienzo de la apertura de los contactos del ruptor.	¿Por qué medio?	Por el comienzo de la inyección de la bomba.
Llevar la marca del cigüeñal al valor angular prescrito.	En la práctica, sobre el motor es preciso:	Llevar la marca del cigüeñal al valor angular prescrito.
DISTRIBUIDOR: - Conocer su sentido de rotación. - Reglar el valor de separación de los contactos del ruptor. - Presentar el distribuidor sobre el motor e inmovilizarlo de tal forma que los contactos estén sincronizados con el árbol del distribuidor. - Controlar el calado.	En la práctica, sobre el elemento es preciso:	BOMBA DE ACELERACIÓN: - Conocer su sentido de rotación. - Reglar el valor del recorrido del pistón de inyección, es decir, el momento del comienzo de la inyección, con una cala o con un comparador. - Colocar la bomba sobre el motor e inmovilizarla de forma que se obtenga la cota determinada. - Controlar el calado.
Por el rotor y la cabeza del distribuidor respetando el orden de conexión de los cables de alta tensión hacia los cilindros según el orden de encendido.	Distribución de la energía	Por la cabeza de la bomba de inyección respetando el orden de conexión de las tuberías hacia los inyectores, según el orden de inyección.

Si un inyector deja de funcionar, puede desmontarse para comprobarlo; pero la limpieza de los orificios obstruidos sólo se hará con herramienta calibrada; en cualquier caso es preferible disponer de un inyector de repuesto. Esto es muy importante, pues la menor mota de suciedad o unas manos sucias pueden perturbar el funcionamiento del equipo.

En el cuadro siguiente se muestran los principales reglajes de la bomba de inyección, por analogía con el motor de gasolina, considerando como tiempo motor el final de la compresión:

13.4. Reversibilidad

Un motor de gasolina trabajando en el ciclo de cuatro tiempos no puede girar a izquierdas, o sea, al revés del sentido normal, porque haría la admisión por el escape, y el escape a través de la válvula de admisión. Pero en el Diesel no ocurre lo mismo, pues el equipo corriente de inyección, y dada la casi simetría de las levas en el motor y la bomba, puede girar perfectamente a izquierdas porque el aire que le entrase por

el escape serviría para quemar el combustible inmediatamente inyectado al cilindro, y la expulsión de los gases quemados se haría por el colector de admisión y su filtro de aire.

No funcionará tan perfectamente como a derechas, pero sí lo suficiente como para crear un problema desconcertante al conductor sobre todo si el regulador es neumático, ya que la bomba se pondría automáticamente al máximo de suministro, o sea, que el vehículo circularía hacia atrás con toda su potencia. Esto puede ocurrir al parar el motor si el conductor suelta el mando de "parada" antes de lo debido, es decir, cuando el motor al detener su giro lo invierte por encontrar la resistencia elástica de un cilindro en compresión, cebándose entonces la marcha en sentido contrario.

Otra causa frecuente es cuando al subir una cuesta se deja agotar el motor y se detiene el vehículo; éste tiende a irse para atrás y, al pretender arrancar en primera, el peso del vehículo vence al motor y le obliga a girar a izquierdas. Hay motores mas propensos que otros a invertir el sentido de rotación.

En cualquier caso, el medio de parar el motor es tirar del mando P (Fig. 8.23) para cortar el suministro de gasoil a los cilindros de carga en la bomba inyectora. Otro sistema es frenar el vehículo, meter directa y embragar poco a poco para calar el motor a costa del embrague.

Para prevenir este incidente se han preparado dispositivos sencillos y eficaces, uno de los cuales puede ser instalar un mecanismo de rueda libre en el eje de levas de la bomba, que sólo le permite girar en el sentido debido, quedando desconectado si le llega rotación en sentido contrario. En caso de no tenerlo puesto y de que el motor tienda a invertir su marcha, el conductor debe extremar el cuidado en no soltar el mando P hasta estar seguro de la total parada del motor, y no esperar a cambiar la velocidad cuando se le agote la marcha que lleve metida, sino hacerlo con el motor aún revolucionado y el vehículo con cierto impulso.

14. ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE EN LAS BOMBAS EN LÍNEA

14.1. Depósito de combustible

Deben ser resistentes a la corrosión y estancos, soportando además sobrepresiones que puedan escapar a través de válvulas de seguridad. El combustible no debe escaparse por la boca de llenado o por cualquier dispositivo regulador de presión, incluso en posiciones inclinadas, en curvas o al producirse golpes. Deben estar separados del motor y preparados para que en caso de accidente no se produzcan incendios.

14.2. Filtro de combustible

Deben ser de alta calidad de forma que el filtrado del gasoil sea exquisito. Los cuerpos de bomba, émbolos y los inyectores llevan ajustes de milésimas de milímetro, cualquier impureza en el gasoil determina el rayado del elemento y por tanto su inutilización. Se requieren filtros especiales adaptados a las exigencias, como elemento filtrante sirve un cartucho de ovillo, formado por papel poroso con tamaños del orden de unas 8 micras en los poros. Como la suciedad permanece dentro, deben observarse los cambios prescritos por el fabricante.

Sistema de inyección
Con válvula de descarga en la bomba de inyección
1 Depósito de combustible
2 Bomba de alimentación
3 Filtro de combustible
4 Bomba de inyección
5 Inyector
6 Válvula de descarga

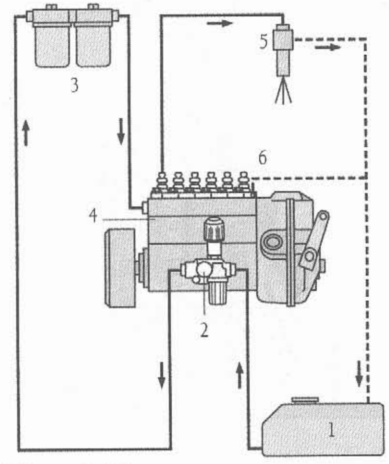


Figura 8.50.

Sistema de inyección
Estrangulador de descarga adicional en el filtro de combustible
1 Depósito de combustible
2 Bomba de alimentación
3 Filtro de combustible con estrangulador de descarga
4 Bomba de inyección
5 Inyector
6 Válvula de descarga

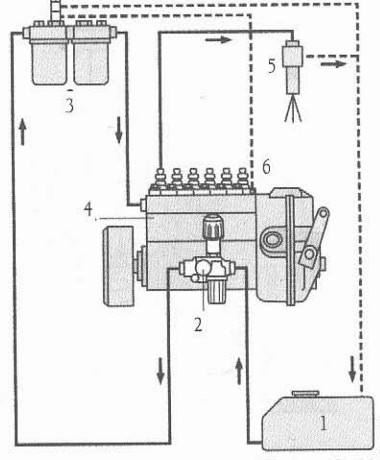


Figura 8.51.

14.3. Servicio con depósito de gravedad

El servicio con depósito de gravedad, sin bomba de alimentación se aplica sobre todo en tractores y en motores pequeños. La diferencia de alturas del depósito y del filtro y bomba de inyección, hace que no se necesite la bomba de alimentación para que el gasoil llegue a la bomba de inyección. Se requieren tuberías anchas y conviene dotar al sistema con una llave de paso entre el depósito y el filtro de combustible.

14.4. Bombas de alimentación de combustible

Los vehículos con bombas en línea es normal que lleven bomba de alimentación de combustible. Se encuentra unida a la bomba de inyección y suele ser movida por el árbol

Bomba de alimentación (de simple efecto)
1 Junta anular 2 Platillo de muelle 3 Cuerpo de bomba de aluminio 4 Válvula de aspiración 5 Cuerpo de empujador 6 Empujador deslizante 7 Junta anular 8 Junta anular 9 Émbolo de la bomba 1- Anillo distanciador 11 Conexión de presión 12 Válvula de presión 13 Muelle de compresión 14 Platillo de muelle 15 Conexión de aspiración.

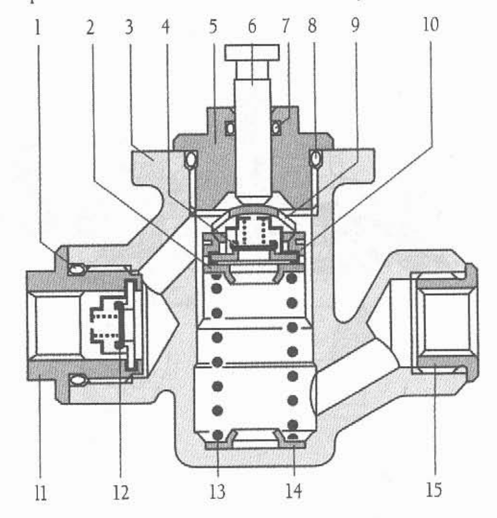


Figura 8.51.

Bomba de alimentación (funcionamiento de efecto simple).
a Carrera de levas, b Carrera de muelle.
1 Excéntrica de accionamiento, 2 Árbol de levas, 3 Cámara de trabajo, 4 Cámara de aspiración

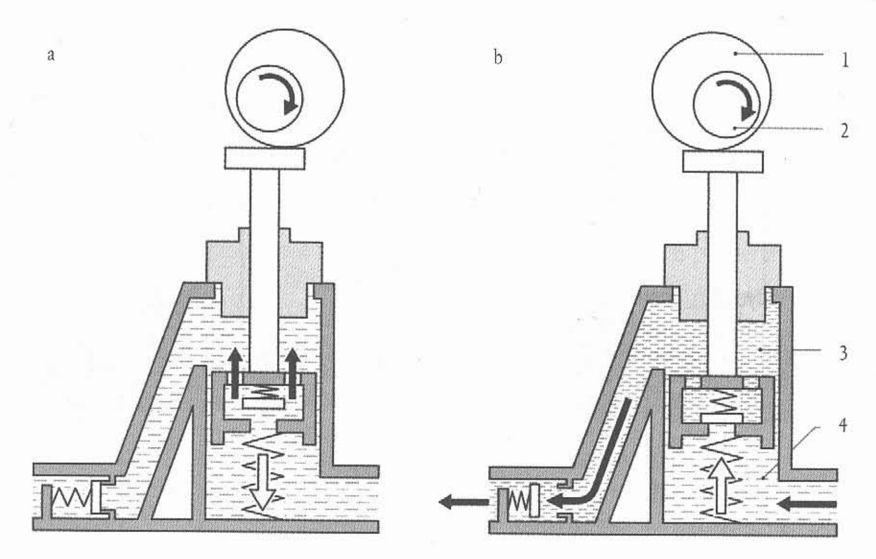


Figura 8.52.

Bomba de alimentación (doble efecto).

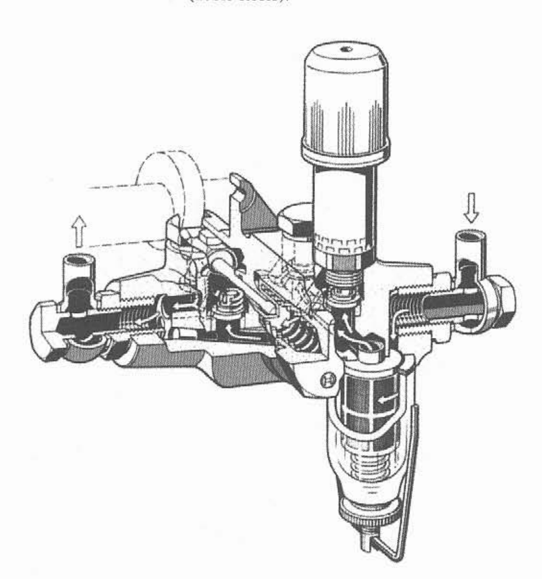
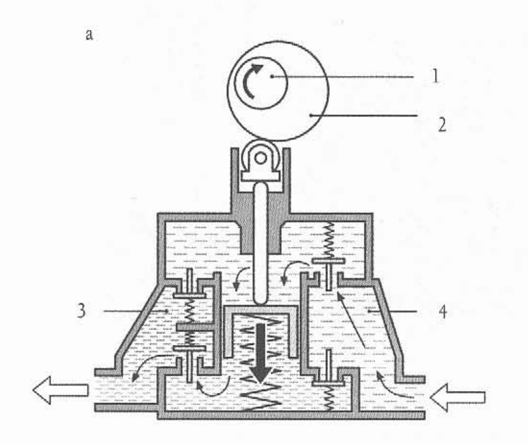


Figura 8.53.

de levas de la misma. En las figuras 8.50 y 8.51 se representan dos tipos de ejecución. Si el filtro de combustible está muy cerca del motor, el calor irradiado puede formar burbujas de gas dentro de las tuberías. Para evitar este efecto se realiza un barrido interior de la cámara de admisión de la bomba de inyección descargando parte del rebose de los inyectores por la tubería de retorno, el resto se va directo al depósito.
Si la temperatura en el recinto del motor es muy alta puede haber una disposición de tuberías con un estrangulador de descarga, figura 8.51, a través del cual retorna parte del combustible al depósito, arrastrando las burbujas o el vapor.

Bomba de alimentación (funcionamiento de doble efecto)
a Carrera de levas b Carrera de muelle
1 Árbol de levas 2 Excéntrica de accionamiento 3 Cámara de trabajo 4 Cámara de aspiración



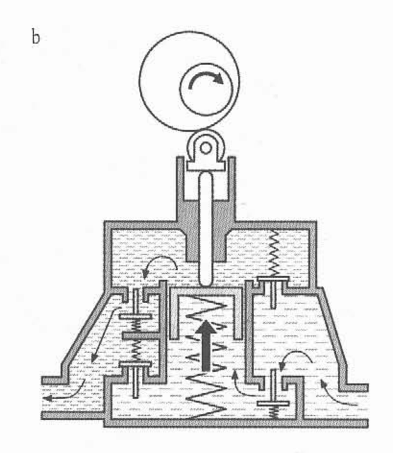


Figura 8.55.

Pueden emplearse de simple o de doble efecto. Las bombas de simple efecto funcionan impulsando una vez por cada vuelta del árbol de levas, figura 8.52. Cuando la leva empuja, el émbolo de la bomba se mueve venciendo el muelle de compresión. El empujador deslizante acciona la válvula de aspiración que se mueve por la depresión que se crea en la cámara entre la válvula de aspiración y la válvula de presión. En el retorno actúa el muelle de compresión, figura 8.53, cerrando la válvula de admisión y abriendo la válvula de presión. El combustible es impulsado hacia la bomba de inyección. Este tipo de bombas de alimentación se emplean en las bombas de inyección de los tamaños M,A,MW y P.

Las Bombas de alimentación de doble efecto se emplean en bombas con mayor potencia de suministro del tipo P y ZW, figura 8.54 Y 8.55. La bomba suministra combustible dos veces en una vuelta del árbol de levas, se manda combustible durante la bajada y subida del émbolo.

14.5. Tuberías de combustible

Para el circuito de alta presión, se precisan tubos de acero como tuberías de impulsión. Para

Empalme de tubería de impulsión
1 Tuerca de racor 2 Junta 3 Cono obturador de tube
4 Tacor de impulsión

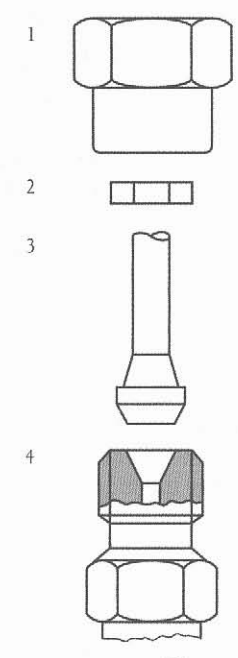


Figura 8.56.

Motor diesesl. Marcas de referencia para el reglaje de la bomba de inyección

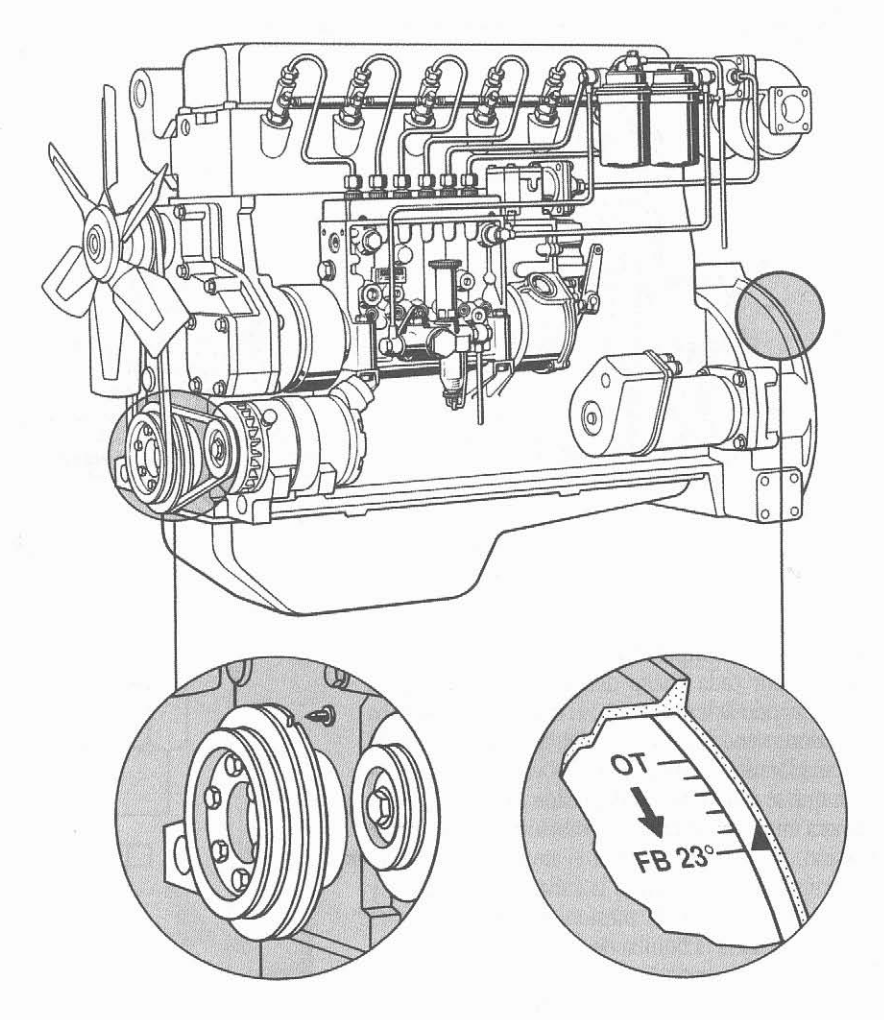


Figura 8.57.

el circuito de baja presión se emplean tubos flexibles con armadura de tela metálica, difícilmente inflamables y de forma que los daños mecánicos no les afectan, figura 8.56. Las tuberías de alta presión enlazan con la bomba de inyección y los portainyectores. Las tuberías son rectas, cortas y con radios de curvatura no inferior a 50 mm.

Van fijadas con piezas de sujeción instaladas a distancias definidas, para evitar las vibraciones y su diámetro y longitud está de acuerdo con las necesidades de suministro debiendo respetarse las dimensiones prescritas para las mismas.

Al final de la tubería de impulsión va instalado el cono de junta, figura 8.57, para la inyección de alta presión. Existen tuberías que pueden aguantar una presión de 3.800 bar.

Bomba de inyección (Lubricación)
a Retorno por la tapa de cojinete del lado de accionamiento b Retorno por la tubería de retorno

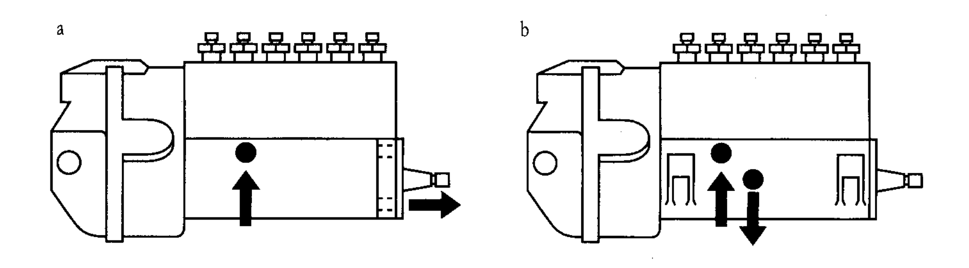


Figura 8.58.

15. REGLAJES DE LA BOMBA DE INYECCION EN LINEA

En el banco de pruebas

El ajuste de los elementos de bomba, en cuanto a caudales de alimentación iguales y carreras realizadas con ajuste de caudal, así como el control de revoluciones y ajuste del regulador, se realiza en un banco de pruebas para bombas de inyección Bosch. Cada tipo de bomba tiene una **ficha de instrucciones** con las pruebas a realizar.

En el motor

El ajuste de la bomba de inyección respecto al motor se realiza con la ayuda de la marcación del comienzo de alimentación. Esta marcación se encuentra en el motor y en la bomba, figura 8.56.

Como norma se toma como base la carrera de compresión del cilindro nº 1 del motor, pero por cualquier razón se pueden tomar otros cilindros.

La marca del comienzo de la alimentación en los motores Diesel, se encuentra generalmente en el dámper, en la polea del cigüeñal. Para un montaje en posición correcta de la bomba de inyección, existen varias posibilidades:

- La bomba de inyección se suministra con el árbol de levas inmovilizado (sujeto en una posición determinada) y se atornilla en una posición del cigüeñal del motor prefijada. Una vez montada se elimina la inmovilización. Éste método cada vez es más aplicado.
- La bomba se equipa por el lado del regulador con un indicador de comienzo de alimentación, que debe coincidir con la marcación hecha al realizar el montaje adosado de la bomba.
- En el acoplamiento o en el variador de avance existe una marcación del comienzo de alimentación que debe hacerse coincidir con una marca que hay en el cuerpo de la bomba.
- Por una salida de la bomba de inyección se busca, después del montaje, el comienzo de la alimentación viendo cuando se corta la "gota" de combustible. Este método fue el primero que se empleó y se va sustituyendo por los descritos anteriormente.

15.1. Lubricación

Las bombas de inyección y los reguladores se conectan al circuito de aceite del motor. En caso de fijación de la bomba por el fondo o en bandeja, el aceite vuelve al motor a través de una tubería de retorno, figura 8.58 b.

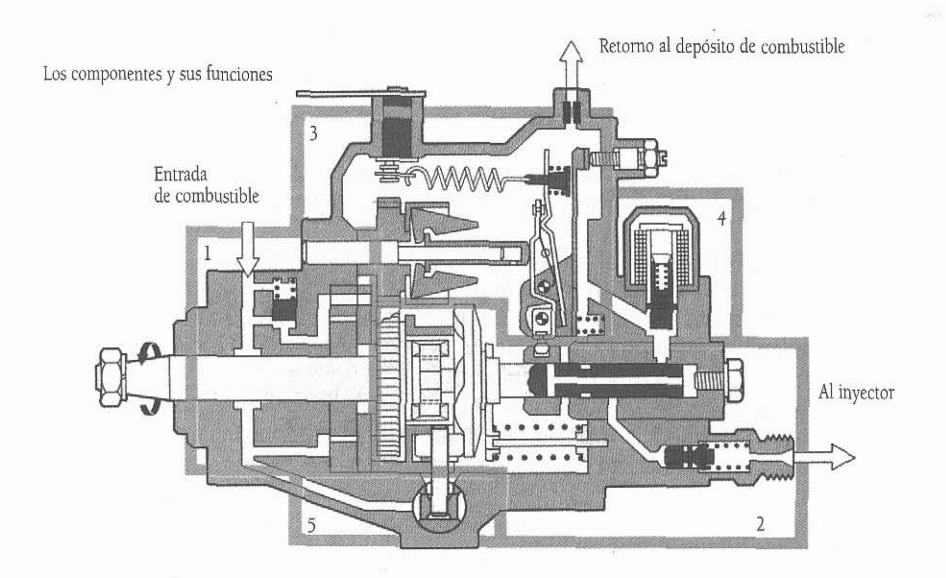
En el caso de fijación de la bomba por brida frontal, el retorno puede realizarse a través del alojamiento del árbol de levas por orificios especiales. Figura 8.58 a.

Las bombas de inyección con depósito de aceite independiente del motor tienen una varilla para controlar el nivel de aceite.

15.2. Inmovilización

Si el motor y por tanto la bomba de inyección han de estar sin funcionar durante mucho tiempo, no se debe dejar el gasoil en el circuito, pués debido a sus características de "resinificación" del combustible se pegarían los émbolos de bomba y las válvulas de presión, pudiendo llegar la corrosión.

Al gasóleo que se encuentre en el depósito se le añade un desoxidante en proporción de hasta un 10%. El mismo aditivo se utiliza también en la cámara de levas de la bomba de inyección. Se le hace girar unos 15 minutos al motor para que se limpie de gasoil el sistema y se para el motor dejando el producto conservante.



1 Bomba de alimentación de aletas. Aspirar combustible y llevarlo al interior de la bomba.
2 Bomba de alta presión con distribuidor. Crear la presión de inyección, transportar y distribuir el combustible.
3 Regulador mecánico de velocidad. Regular el régimen, variar el caudal de alimentación mediante el dispositivo regulador en el margen de regulación.
4 Válvula electromagnética de parada. Cortar la alimentación de combustible.
5 Variador de avance. Corregir el comienzo de alimentación en función del régimen.

Figura 8.59.

16. LA BOMBA DE INYECCIÓN ROTATIVA

16.1. Bombas rolativas de inyección Tipo VE

16.1.1. Aplicaciones y Generalidades

Gracias a su flexibilidad, las bombas rotativas de inyección del tipo VE ofrecen un gran número de posibilidades de aplicación. El campo de aplicación y el diseño de la bomba viene determinados por el régimen real, la potencia y el tipo de construcción del motor Diesel. Las bombas de inyección rotativas se emplean, sobre todo, en automóviles de turismo, camiones, tractores y motores estacionarios.

A diferencia de la bomba de inyección en línea, la rotativa del tipo VE: no dispone más que de un sólo cilindro y un solo émbolo distribuidor, aunque el motor sea de varios cilindros. La lumbrera de distribución asegura el reparto de combustible entre las diferentes salidas, según el número de cilindros del motor. En el cuerpo cerrado de la bomba rotativa de inyección se encuentran reunidos los siguientes grupos:

- Bomba de alta presión con distribuidor
- Regulador mecánico de velocidad
- Variador de avance hidráulico
- Bomba de alimentación de aletas
- Dispositivo de parada

La figura 8.59 muestra los grupos funcionales y su interacción.

16.1.2. Estructura

El eje de accionamiento de la bomba rotativa de inyección va alojado en el cuerpo de ésta. Sobre él va dispuesta la bomba de alimentación de aletas 1. Detrás del eje se encuentra el anillo de rodillos, que no es solidario con el dispositivo de accionamiento áunque se encuentra alojado, así mismo, en el cuerpo de la bomba.

Por medio del disco de levas que se apoya sobre los rodillos del anillo y es accionado por el eje, se crea un movimiento simultáneamente elevador y rotativo, que se transmite al émbolo distribuidor, el cual es guiado por la cabeza hidráulica, solidaria del cuerpo de la bomba. En éste van fijados el dispositivo eléctrico de parada mediante corte de la alimentación de combustible, el tapón roscado con tornillo de purga y las válvulas de impulsión con los correspondientes racores. Si la bomba rotativa de inyección va equipada con un dispositivo mecánico de parada, éste se encuentra en la tapa del regulador.

El grupo regulador 3 es movido por el accionamiento correspondiente solidario del eje conductor, a través de una rueda dentada. El grupo regulador va equipado con pesos centrifugos y el manguito regulador. El mecanismo regulador, compuesto por las palancas de ajuste, de arranque y tensora, va alojado en el cuerpo y es giratorio. Sirve para modificar la posición de la corredera de regulación del émbolo de bomba.

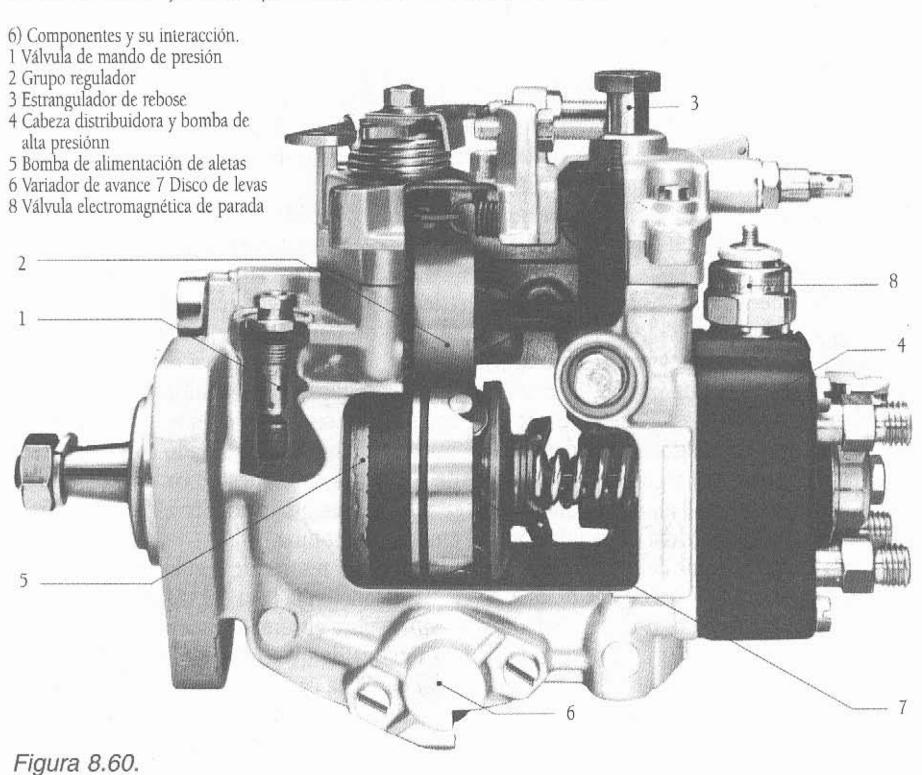
En la parte superior del mecanismo regulador actúa el resorte de regulación, unido a la palanca de control a través del eje de ésta. El eje va alojado en la tapa del regulador, mediante lo cual y a través de la palanca de control se actúa sobre el funcionamiento de la bomba. La tapa del regulador cierra por arriba la bomba rotativa de inyección. En el regulador van dispuestos, además, el tornillo de ajuste del caudal de plena carga, el estrangulador de rebose y el tornillo de ajuste de régimen. Montado en sentido transversal al eje longitudinal de la bomba, en la parte inferior de la bomba rotativa de inyección va el variador de avance hidráu-

lico. Su funcionamiento es influído por la presión interna de la bomba de inyección, que depende de la bomba de alimentación de aletas y de la válvula de mando de presión. Este variador está delimitado a ambos lados de la bomba por una tapa de cierre.

16.1.3. Accionamiento de la bomba

El accionamiento de la bomba rotativa se efectúa mediante un mecanismo de transmisión del motor Diesel. En los motores de cuatro tiempos, la velocidad de rotación de la bomba es la **mitad** de la del cigüeñal del motor Diesel. Esto significa que el accionamiento de la bomba de inyección se realiza al mismo régimen

5) Bomba rotativa de inyección del tipo VE montada en un motorDiesel de cuatro cilindros.



6) Componentes y su interacción.
1 Válvula de mando de presión
2 Grupo regulador
3 Estrangulador de rebose
4 Cabeza distribuidora y bomba de alta presiónn
5 Bomba de alimentación de aletas
6 Variador de avance 7 Disco de levas
8 Válvula electromagnética de parada

Figura 8.60.

que el del árbol de levas. El accionamiento de la bomba rotativa de inyección es forzado y, además, se realiza de forma que el eje conductor de la bomba rotativa de inyección gira en perfecto sincronismo con el movimiento del pistón del

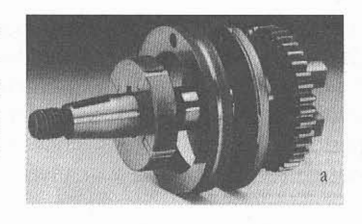


Figura 8.51 b
7) Bomba de alimentación de aletas con anillo excéntrico sobre el eje de accionamiento.

8) Interacción de la bomba de alimentación de aletas, la válvala de control de presión y el estrangulador de rebose.
1 Eje de accionamiento
2 Válvula de control de presión
3 Anillo excéntrico
4 Anillo de apoyo
5 Accionamiento del regulador
6 Garra del eje de accmnam/ento
7 Estrangulador de rebose
8 Cuerpo de la bomba

1 2 3 4 5 6 7 8

b

11) La bomba de alimentación de aletas aspira el combastible y lo transporta al interior de la bomba de inyección.
Figura de la derecha: aberturas en forma de riñón para entrada (abajo) y salida (arriba) en el cuerpo de la bomba

c

Figura 8.61.

motor. Este modo de accionamiento sincrónico se consigue mediante correa dentada, piñón de acoplamiento, rueda dentada o cadena. Hay bombas rotativas de inyección para giro a **derechas a izquierdas**. El orden de inyección depende, por tanto, del sentido de rotación, pero las sálidas inyectan siempre el combustible según el orden geométrico de disposición. Para evitar confusiones con la designación de los cilindros del motor, las salidas de la bomba rotativa de inyección se designan con A, B, C, etc. Figura 8.60.

17. ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS ROTATIVAS

17.1. Alimentación de baja presión

En las instalaciones de inyección con bombas rotativas de inyección, el combustible es aspirado del depósito mediante la **bomba de alimentación de aletas** y transportado al interior de la bomba de inyección.

La bomba de alimentación, al girar, transporta un caudal de combustible casi constante. Para obtener en el interior de la bomba una presión determinada en función del régimen, se necesita una **válvula de control de presión** que permita ajustar una presión definida a un determinado régimen. La presión aumenta entonces proporcionalmente al régimen, es decir, cuanto mayor sea éste, tanto más elevada será la presión en el interior de la bomba.

Una parte del caudal de combustible transportado retorna, a través de la válvula de control de presión, al lado de **aspiración**. Asimismo, para la refrigeración y autopurga de aire de la bomba rotativa de inyección, el combustible fluye al depósito a través **del estrangulador de rebose** dispuesto en la tapa del regulador.

17.1.1. Bomba de alimentación de aletas

En la bomba rotativa de inyección va montada la de alimentación de aletas en torno al eje de accionamiento. El rotor de aletas está centrado sobre el eje y es accionado por una chaveta de disco. El rotor de aletas está rodeado por un anillo excéntrico alojado en el cuerpo. Figura 8.61 a, b y c.

Las cuatro aletas del rotor son presionadas hacia el exterior, contra el anillo excéntrico, por efecto del movimiento de rotación y de la fuerza centrífuga resultante.

A este movimiento centrífugo de las aletas contribuye el combustible que se introduce entre el lado inferior de la aleta y el rotor. El combustible llega al cuerpo de la bomba de inyección a través del canal de alimentación y pasa, por una abertura en forma de riñón, a la cámara delimitada por el rotor, la aleta y el anillo excéntrico.

Por efecto de la rotación, el combustible que se encuentra entre las aletas, es transportado hacia el recinto superior y penetra en el interior de la bomba a través de un taladro. Al mismo tiempo, a través de un segundo taladro, una parte del combustible llega a la válvula de control de presión.

17.1.2. Válvula de control de presión

La válvula de control de presión va unida, a través de un taladro, con la escotadura superior en forma de riñón y situada en las proximidades de la bomba de alimentación de aletas. La válvula de control de presión es de corredera, tarada por resorte, con la que se puede variar la presión en el interior de la bomba según el caudal de combustible que se

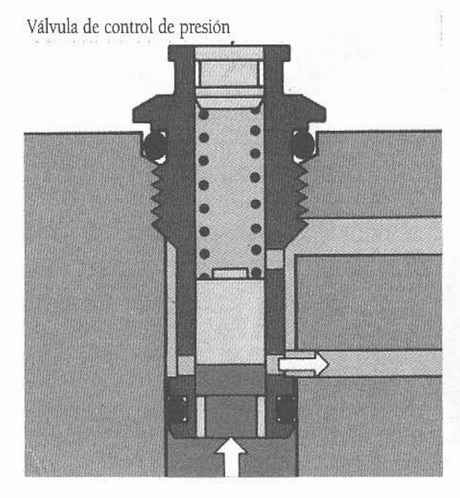


Figura 8.62.

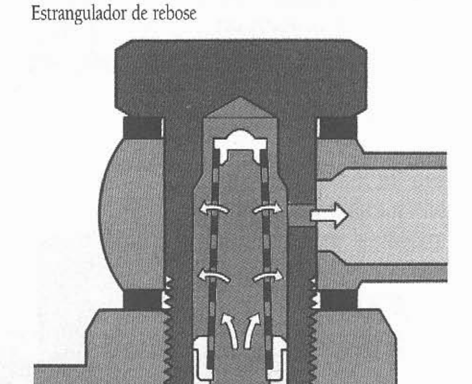


Figura 8.63.

alimente. Si la presión de combustible excede un determinado valor, el émbolo de la válvula abre el taladro de retorno, de forma que el combustible pueda retornar a través de un canal al lado de aspiración de la bomba de aletas.

Si la presión del combustible es demasiado baja, el taladro de retorno permanece cerrado debido a la fuerza del muelle. La presión de apertura la determina la tensión previa del muelle de compresión. Figura 8.62.

17.1.3. Estrangulador de rebose

El estrangulador de rebose va roscado a la tapa del regulador de la bomba rotativa de inyección y comunica con el interior de la bomba, permitiendo el retorno de un caudal variable al depósito de combustible, a través de un pequeño orificio (diámetro 0,6 mm), figura 8.63. El taladro ofrece resistencia al combustible, por lo que se mantiene la presión en el interior de la bomba.

Como en el recinto interior de la bomba se necesita una presión de combustible exactamente definida de acuerdo con el régimen, el estrangulador de rebose y la válvula de control de presión están coordinados entre si en lo que al funcionamiento se refiere.

17.2. Alimentación a alta presión

17.2.1. Accionamiento del émbolo distribuidor

El movimiento de rotación del eje impulsor se transmite al émbolo distribuidor 5, por medio de un acoplamiento. Las garras del eje impulsor y del disco de levas 3 engranan en el disco cruceta 1 dispuesto entre ellas, figura 8.64. Por medio del disco de levas, el movimiento giratorio del eje impulsor se convierte en un movimiento de elevación y giro. Esto se debe a que la trayectoria de las levas del disco 3, discurre sobre los rodillos del anillo 2.

El émbolo distribuidor 5 es solidario del disco de levas 3 por medio de una pieza de ajuste 4, y está coordinado por un arrastrador. El desplazamiento del émbolo distribuidor hacia el punto muerto superior está asegurado por el perfil del disco de levas.

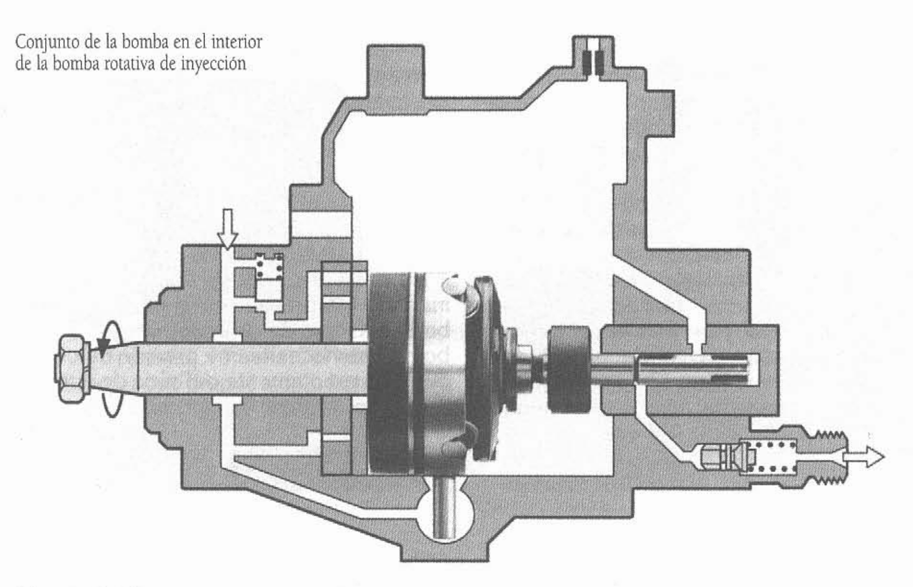


Figura 8.65.

Los dos muelles antagonistas del émbolo, dispuestos simétricamente, que reposan sobre la cabeza distribuidora 8 y actúan sobre el émbolo distribuidor a través de un puente elástico 6, provocan el desplazamiento del émbolo hacia el punto muerto inferior. Además, dichos muelles impiden que el disco de levas pueda saltar, a causa de la

El conjunto de bomba genera la alta presión y distribuye el combustible a los inyectores correspondientes. Debido al perfil ondulado del disco de levas (levas axiales), el movimiento giratorio del accionamiento de la bomba se transforma en movimiento ascendente del émbolo de ésta.

1 Disco cruceta
2 Anillo de rodillos
3 Disco de levas
4 Arandelas de ajuste
5 Émbolo distribuidor
6 Puente elástico
7 Corredera de regulación
8 Cabezadistribuidora
9 Racor de impulsión

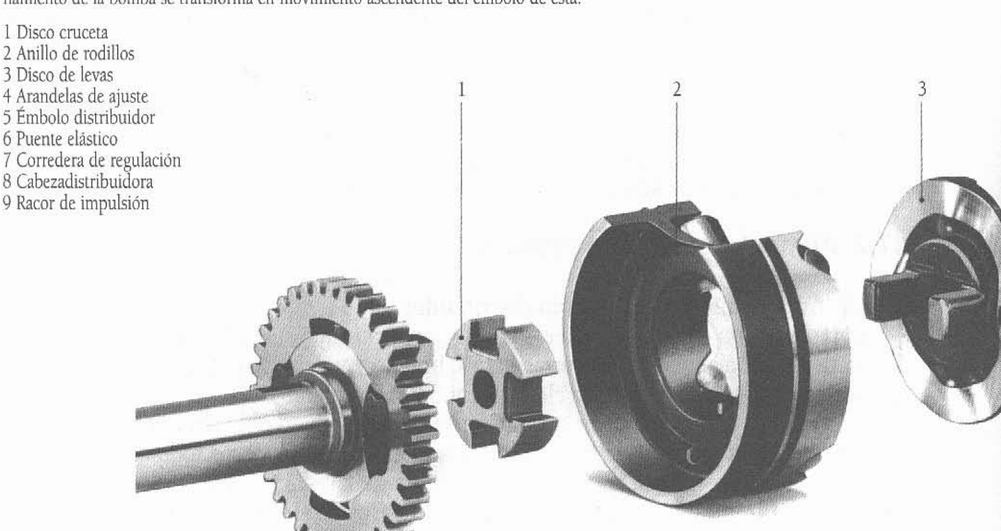


Figura 8.64.

elevada aceleración, de los rodillos del anillo. Para que el émbolo distribuidor no pueda salirse de su posición central a causa de la presión centrífuga, se ha determinado con precisión la altura de los muelles antagonistas del émbolo que están perfectamente coordinados.

17.2.2. Discos de levas y formas de leva

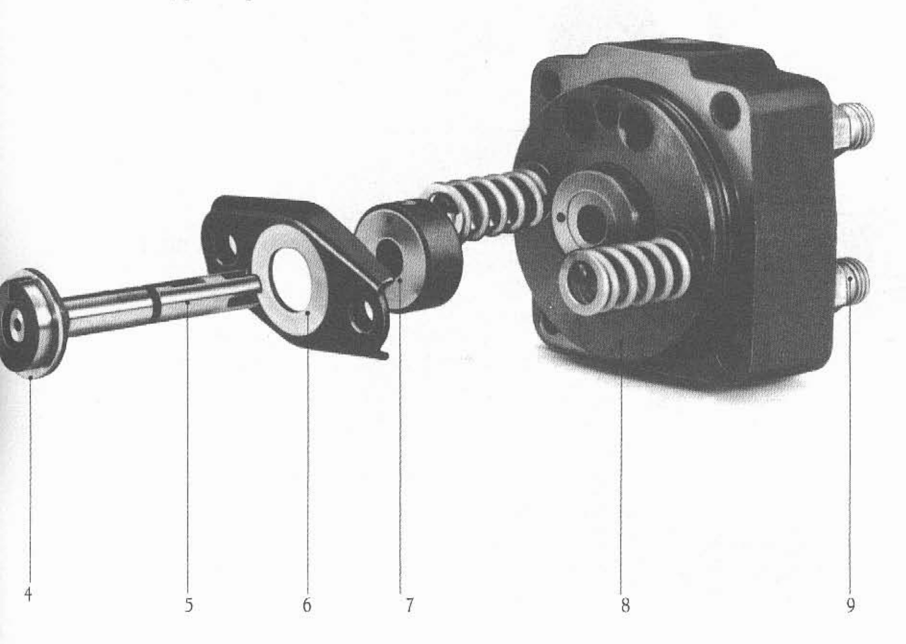
Además de la función motriz del eje impulsor, el disco de levas 3, figura 8.64, influye sobre la presión de inyección y sobre la duración de ésta. Los criterios determinantes a este respecto son la carrera y la velocidad de elevación de la leva. Según la forma de la cámara de combustión y el método de combustión de los distintos tipos de motor, las condiciones de inyección deberán producirse de forma individualmente coordinada. Por esta razón, para cada tipo de motor se calcula una pista especial de levas que luego se coloca sobre la cara frontal del disco de levas. El disco así configurado se monta acto seguido en la correspondiente bomba rotativa de inyección, figura 8.65. Por eso, los discos de levas de las distintas bombas de este tipo no son **intercambiables entre sí**.

17.2.3. Conjunto de la bomba

La cabeza distribuidora 8, figura 8.64 y **el émbolo distribuidor** 5, así como la **corredera de regulación** 7 están tan exactamente ajustados entre si (por rodaje) que su estanqueidad es total incluso a las presiones más elevadas.

Las pérdidas por fuga son ínfimas pero tan inevitables como necesarias para la lubricación del émbolo distribuidor.

Por esta razón, en caso de sustitución deberá cambiarse el **conjunto de bomba completo**; en nigún caso el émbolo distribuidor, la cabeza distribuidora o la corredera de regulación, por separado.



Fases de carrera y alimentación.

Entrada de combastible. En PMI e/ combastible fluye al recinto de alta presión (4), a través del canal de entrada (2) y una ranura de control (3).

Alimentación de combastible.

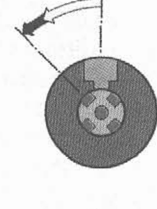
Durante el movimiento ascendente, el émbolo distribuidor cierra el canal de entrada sometiendo a presión el combustible que se encuentra en el recinto de alta presión (5). Durante el movimiento giratorio, la ranura de distribución (6) abre el orificio de salida (7), correspondiente al cilindro del motor.

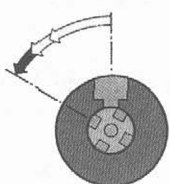
Fin de alimentación.

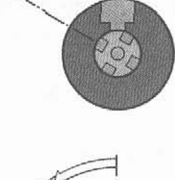
La alimentación de combustible concluye en cuanto la corredera de regulación (8) abre el orificio de descarga (9).

Entrada de combustible.

Mientras el émbolo retorna al PMI, mediante el movimiento rotativo ascendente el orificio de descarga se cierra.
El recinto de alta presión se vuelve a llenar.







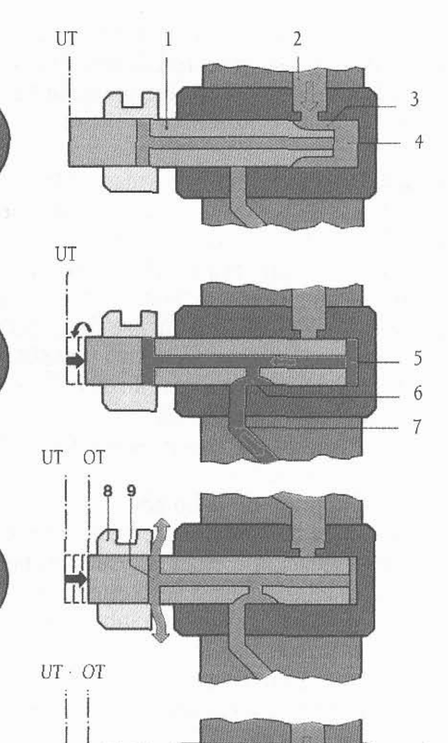
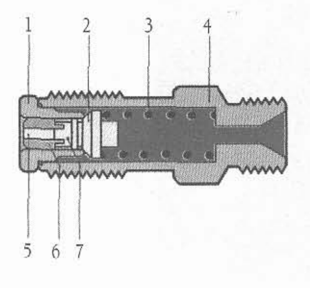
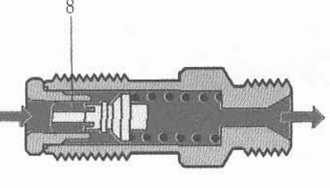


Figura 8.66.

a) cerrada



a) cerrada



Válvula de impulsión.

a cerrada
b abierta
1 Portaválvula
2 Asiento de válvula
3 Muelle de válvula
4 Racor de impuisión
5 Vástago
6 Embolo de descarga
7 Ranura anular
8 Ranura longitudinal

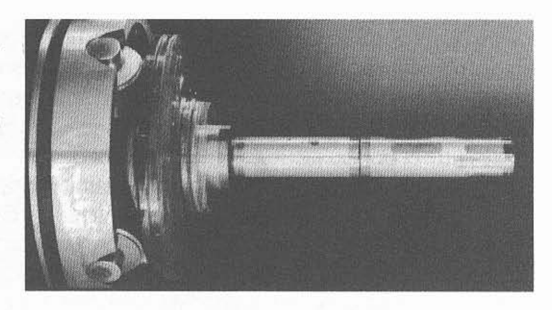
17.2.4. Dosificación de combustible

La alimentación de combustible mediante bombas de inyección es un proceso dinámico que consta de varias carreras sucesivas. La presión necesaria para la inyección se crea mediante la bomba de émbolo.

Las fases de desplazamiento del émbolo distribuidor, esquematizadas en la figura 8.66, corresponden a la dosificación del combustible por cada cilindro del motor. En el caso de un motor de cuatro cilindros, el émbolo distribuidor describe un cuarto de vuelta entre las posiciones del punto muerto inferior y el punto muerto superior, y

un **sexto de vuelta** si se trata de un motor de 6 cilindros.

Si el émbolo distribuidor se desplaza desde el punto muerto superior al inferior tiene lugar, gracias al movimiento alternativo y rotativo, el control del canal de entrada de la cabeza distribuidora por medio de una ranura de control del émbolo distribuidor. El combustible fluye desde el recinto interior de la bomba de inyección rotativa, sometido a la presión creada en dicho recinto y a través del canal de entrada, hasta el de alta presión situado por encima del émbolo distribuidor.



Si la "pista" del disco de levas, gira sobre los rodillos del anillo de rodillos, el disco de levas se "eleva" PMS y el émbolo distribuidor comprime el combustible, pasando después al PMI, al mismo tiempo que gira.

Figura 8.67.

Tras invertirse el sentido de desplazamiento a punto muerto inferior figura 8.67, el canal de entrada queda cerrado por el émbolo distribuidor, que continúa describiendo un movimiento alternativo y rotativo (hacia el PMS). En el curso de este movimiento progresivo, la ranura de distribución abre un orificio de salida perfectamente determinado de la cabeza distribuidora. La presión creada en el recinto de alta presión y en el canal interior abre la válvula de impulsión, empuja el combustible a través del conducto de impuisión hacia el inyector montado en el portainyectores.

Cabeza distribuidora con recinto de alta presión.

1 Corredera de regulación
2 Cabeza distribuidora
3 Embolo distribuidor
4 Racor de impuisión
5 Válvula de impuisión

Figura 8.68.

La carrera útil concluye en el momento en que el orificio de descarga transversal del émbolo distribuidor alcanza la rampa de distribución de la corredera de regulación (final de la alimentación). A partir de este momento ya no se alimenta combustible al inyector, y la válvula de impulsión cierra el conducto. El combustible retorna a la bomba a través de la unión existente entre el orificio de descarga y el interior de ésta, mientras el émbólo se desplaza hacia el punto muerto superior. Esta fase de desplazamiento del émbolo se llama **carrera remanente.**

Al retornar el émbolo, debido al movimiento de desplazamiento y giro, el orificio de descarga transversal del émbolo distribuidor se cierra mientras que mediante la siguiente ranura de mando del émbolo distribuidor el canal de entrada de combustible se abre. El recinto de alta presión situado por encima del émbolo distribuidor se llena nuevamente de combustible.

17.2.6. Válvula de impulsión

La válvula de impulsión 5, figura 8.68 aísla el conducto de inyección de la bomba. La misión de esta válvula es descargar la tubería de inyección tras concluir la fase de alimentación, extrayendo un volumen exactamente definido. De esta forma se consigue un final de cierre preciso del inyector al finalizar la inyección. Simultáneamente y con independencia del caudal de inyección momentáneo, debe asegurarse el equilibrio de las presiones en el conducto de impulsión para las diferentes fases de inyección.(Fig. 8.58).

La válvula de impulsión es de émbolo, mandada por el gasoil; abre a impulsos de la presión del combustible y cierra mediante el muelle de válvula. La válvula de impulsión permite el paso de combustible hacia el inyector, permaneciendo cerrada para un cilindro determinado del motor entre cada carrera de admisión del émbolo distribuidor. El conducto de impulsión y el correspondiente orificio de salida de la cabeza distribuidora están separados. Cuando hay alimentación, la elevada presión que se origina levanta la válvula de impulsión de su asiento. El combustible circula por las ranuras longitudinales que parten de la ranura anular, a través del racor de impulsión, el correspondiente conducto y el portainyectores hasta llegar al inyector.

En cuanto se alcanza el final de alimentación (orificio de descarga del émbolo distribuidor abierto), el empuje en el lado de alta presión desciende hasta el valor del recinto interior de la bomba, y el muelle de válvula oprime a la válvula de impulsión contra su asiento.

17.2.7. Válvula de impulsión con estrangulador de retorno

La necesaria y exacta descarga de presión al final de la inyección genera ondas de presión que son reflejadas en la válvula de impulsión y que originan la reapertura de la aguja del inyector, o bien fases de depresión en el conducto de inyección. Las consecuencias de este fenómeno son "postinyecciones" con su correspondiente efecto negativo en lo que se refiere a emisión de contaminantes, o bien se producen fenómenos de desgaste en dicho conducto o en el inyector. Para impedir estas reflexiones, por delante de la válvula de impulsión se intercala un orificio estrangulador que actúa únicamente en la dirección de retorno. El estrangulador de retorno se compone de una placa de válvula y un muelle de compresión, de forma que no actúa en la dirección de alimentación, sin embargo, se aprecia su efecto amortiguador en la dirección de retorno.

17.2.8. Tuberías de impulsión

En la instalación de inyección, los conductos de impulsión están adaptados al desarrollo de la inyección, y no deben ser alterados cuando se realicen trabajos de mantenimien-

El bloque regulador compuesto por el regulador mecánica y el conjunto de palancas, funciona con una gran sensibilidad y define la posición de la carredera de regulación, es decir, la carrera de alimentacion y la duración de la inyección. El comportamiento regulador se puede adaptar mediante las diferentes versiones del conjunto de palancas.

Figura 8.69.

to. Las tuberías de impulsión unen la bomba de inyección a los portainyectores y van instalados sin formar ningún tipo de codos pronunciados. Su radio de curvatura no deberá ser en ningún caso inferior a 50 mm. En los motores de automóviles, las tuberías de impulsión van fijadas mediante piezas de apriete dispuestas a intervalos. Las tuberías son de tubo de acero sin soldaduras.

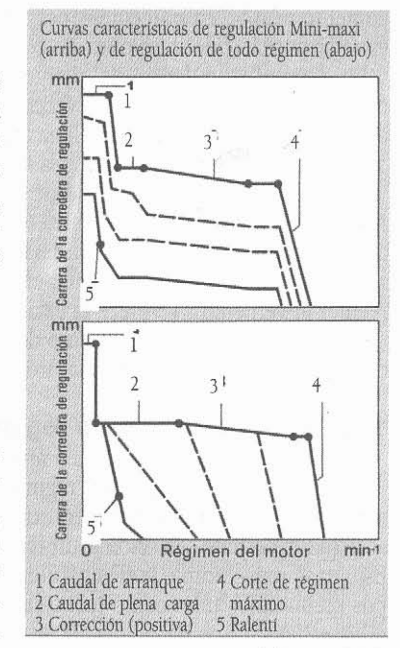


Figura 8.70.

18. REGULACIÓN MECÁNICA DE RÉGIMEN

El comportamiento de los vehículos Diesel es satisfactorio cuando el motor responde a cualquier movimiento del acelerador. Al ponerlo en marcha, no debe tender a pararse de nuevo. Cuando se varía la posición del pedal del acelerador el vehículo debe acelerar o retener sin tirones. A idéntica posición del acelerador y con pendiente constante de la cazada la velocidad de marcha debe mantenerse asi-

mismo constante. Al dejar de pisar el acelerador el motor debe retener el vehículo. En el motor Diesel estas funciones están encomendadas al **regulador de régimen** de la bomba rolativa de inyección. Figura 8.69.

18.1. Funciones del regulador de régimen

- Regulación del ralentí

El motor Diesel no funciona con un régimen de ralentí inferior al prefijado, si dicho régimen ha sido regulado (figura 8.70.)

- Regulación del régimen máximo. En caso de bajada de régimen máximo de plena carga está limitado al de ralentí superior. El regulador considera esta situación y retrae la corredera de regulación hacia la dirección de parada. El motor recibe menos combustible.
- Regulación de regímenes intermedios. La regulación de regímenes intermedios corre a cargo del regulador de todo régimen. Con este tipo de regulador también se pueden mantener constantes, dentro de determinados limites, los regímenes comprendidos entre el de ralentí y el máximo. El régimen sólo varía entre nvT (un régimen de la curva de plena carga) y nLT (motor no sometido a carga), en funcion de la carga específica del margen de potencia correspondiente del motor.

Además de sus funciones propias, al regulador se le exigen funciones de control:

- Liberación bloqueo de un caudal mayor de combustible necesario para el arranque.
- Variación del caudal de plena carga en función del régimen (corrección).

Para estas funciones adicionales, se precisan, en parte, dispositivos adptadores.

18.1.1. Exactitud de la regulación

El grado proporcional (grado P) mide la **precisión de un regulador**. Representa el aumento relativo en porcentaje, del régimen del motor al disminuir la carga de éste sin que varie la posición de la palanca de control. El aumento de régimen no debe sobrepasar un valor determinado dentro del margen de regulación. Como valor máximo se considera el régimen superior de corte de inyección. Este régimen se ajusta cuando el motor Diesel baja desde su régimen máximo de plena carga hasta llegar a carga nula. El aumento del régimen es proporcional a la variación de la carga, y tanto mayor cuanto más elevada es ésta.

El grado P a elegir depende de las condiciones de funcionamiento del motor Diesel. Así, por ejemplo, en los grupos electrógenos es preferible un grado P inferior para que al cambiar el estado de carga, la variación del régimen sea pequeña. En automóviles es aconsejable un grado P mayor ya que, en caso de variaciones de carga pequeñas (al acelerar o retener el vehículo), favorece la eslabilidad de la regulación y del funcionamiento, lo que implica un mejor comportamiento de marcha. Un grado P pequeño significaria que la marcha del automóvil se realizaría a tirones cada vez que se modificara el estado de carga.

18.2. Regulador de todo régimen

El regulador de todo régimen ajusta éste entre el de arranque y el máximo.

Con el regulador de todo régimen se pueden regular, además de los de ralentí y el nominal, cualquier otro régimen que se encuentre comprendido entre éstos. El pedal del acelerador permite seleccionar un régimen constante a mantener (en función del grado P). Esto es imprescindible si el vehículo industrial o el motor estacionario deben accionar grupos secundarios tales como tornos de cable, bomba de agua para extinción de incendios, grúa, etc. Este tipo de regulador se utiliza también en los automóviles de turismo y en la maquinaria agrícola (tractores, segadora-trilladora).

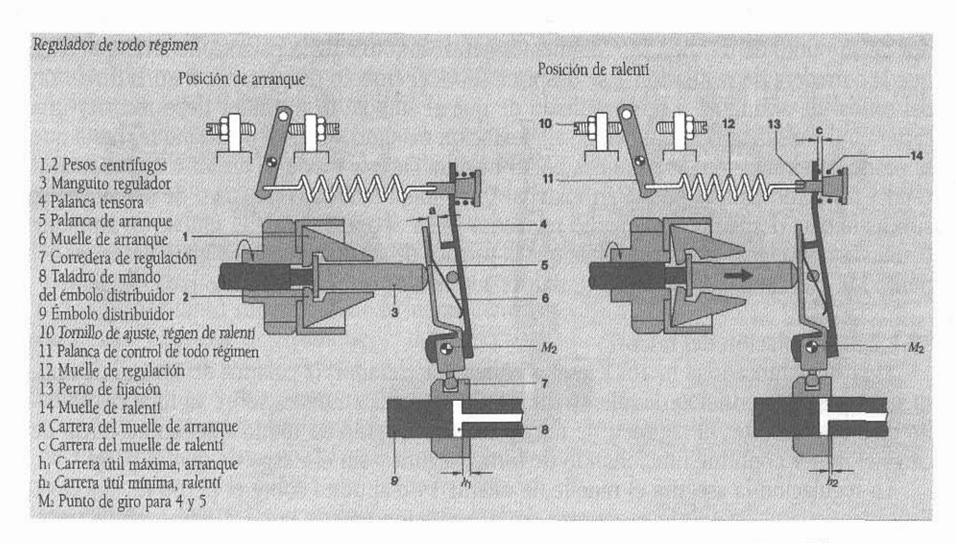


Figura 8.71.

18.2.1. Construccción

La figura 8.71 muestra la disposición, estructura, componentes y modo de funcionamiento del regulador de todo régimen de la bomba rolativa de inyección.

El bloque regulador, que comprende los pesos centrífugos 1 y 2 y su carcasa, así como el muelle de regulación 12 y el grupo de palancas, es movido por el árbol de accionamiento de la bomba. El bloque regulador gira sobre el eje de regulación solidario del cuerpo de la bomba. El movimiento radial de los pesos centrifugos se transforma en desplazamiento axial del manguito regulador 3.

La fuerza del manguito regulador y su recorrido influyen en la posición del mecanismo regulador, compuesto por tres palancas: la de ajuste, la tensora 4 y la de arranque 5. La palanca de ajuste gira sobre un pivote alojado en el cuerpo de la bomba y se puede graduar mediante el tornillo de ajuste del caudal de alimentación (no representado en la figura esquemática 8.71 para mayor claridad). Las palancas de sujeción y de arranque pivotan también sobre la de ajuste. La palanca de arranque dispone en su parte inferior de una rótula M_2 que actúa sobre la corredera de regulación 7, en oposición a la cual, en su parte superior, va fijado el muelle de arranque 6. En la parte superior de la palanca tensora va fijado el muelle de ralentí 14 por medio de un perno de retención, al que también va enganchado el muelle de regulación 12. La palanca de control 11 y el eje de ésta forman la unión con la que regula el régimen. La posición del mecanismo de regulación queda definida por la interacción de las fuerzas del muelle y el manguito. El movimiento de control se transmite a la corredera de regulación 7 y de esta forma se determina el caudal de alimentación del émbolo distribuidor 8.

18.1.2.2. Comportamiento en el arranque

Cuando la bomba rolativa de inyección está parada, los pesos centrifugos 1,2 se encuentran en reposo, y el manguito regulador 3 en su posición inicial. La palanca de arranque 5 se desplaza a la posición de arranque mediante el muelle de arranque, que la hace girar alrede-

dor de su punto de rotación M_2. Simultáneamente, la rótula de la palanca de arranque hace que la corredera de regulación 7 se desplace sobre el émbolo distribuidor 8 en la dirección del caudal de arranque, con el resultado de que el émbolo distribuidor debe recorrer una carrera útil considerable (volumen de alimentación máximo = caudal de arranque) hasta que se produce la limitación determinada por el mando. De este modo, al arrancar se produce el caudal necesario para la puesta en marcha. El régimen más bajo (régimen de arranque) es suficiente para desplazar el manguito regulador 5, en oposición al débil muelle de arranque 6, una distancia igual a la que permite que la palanca de arranque vuelva a girar alrededor del punto M_2, Y el caudal de arranque se reduce automáticamente al necesario para el ralentí.

18.1.2.3. Regulación del ralentí

Una vez arrancado el motor Diesel al soltar el acelerador, la palanca de control de régimen 11 pasa a la posición de ralentí, quedando apoyada entonces sobre su tope del tornillo de ajuste de éste. El régimen de ralentí ha sido elegido de modo que, en ausencia de carga el motor continúe funcionando de forma segura y sin el riesgo de que se pare.

La regulación la asegura el muelle de ralentí 14 dispuesto sobre el perno de sujeción. Este mantiene el equilibrio en contra de la oposición creada por los pesos centrifugos. Mediante este equilibrio de fuerzas se determina la posición de la corredera de regulación respecto del orificio de descarga del émbolo distribuidor y, por lo lanto, se fija la carrera útil. Cuando los regimenes superan el margen de ralentí, finaliza el recorrido c figura 8.71, del muelle y se vence la resistencia opuesta por el muelle.

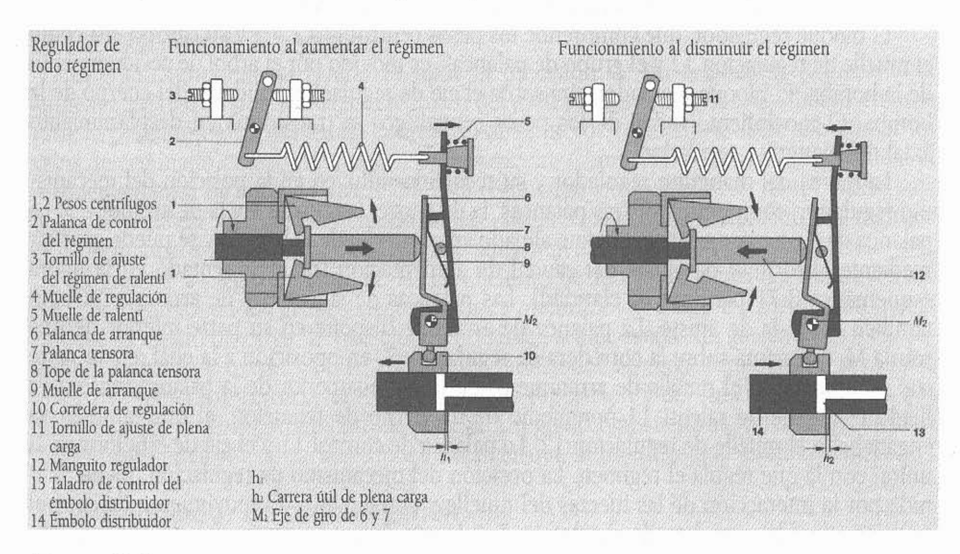


Figura 8.72.

18.1.2.4. Funcionamiento en carga

En servicio, la palanca de control de régimen 2 pivota y adopta una posición definida por el régimen o la velocidad de desplazamiento deseada del vehículo. Esta posición la determina el conductor mediante la correspondiente posición del acelerador. La acción de los muelles de arranque 9 y de ralentí 5 queda anulada para regímenes superiores al mar-

gen de ralentí. Aquellos no influyen sobre la regulación. El muelle de regulación interviene sólo en el siguiente caso. Ejemplo figura 8.72.

El conductor acciona el acelerador y pone la palanca de mando de régimen 2 en una posición determinada que debe corresponder a la velocidad deseada (superior). Esta corrección somete al muelle de regulación 4 a una tensión de un valor determinado. El efecto de la fuerza del muelle de regulación es por tanto superior al de la fuerza centrífuga. Las palancas de arranque y de sujección siguen el movimiento del muelle, es decir, pivotan alrededor del eje y transmiten el movimiento a la corredera 10, desplazándola en el sentido de caudal máximo. Este aumento del caudal de alimentación determina una subida del régimen, acción que obliga a los pesos centrífugos a desplazarse hacia el exterior y empujar el manguito regulador en oposición a la fuerza del muelle actuante. Sin embargo, la corredera de regulación 10 permanece en "máximo" hasta que el par se equilibra.

Si el régimen del motor sigue aumentando, los pesos centrífugos se desplazan más hacia afuera, predominando entonces el efecto de la fuerza del manguito de regulación 12. Por consiguiente, las palancas de arranque y de sujeción pivotan alrededor de su eje común M_2 y desplazan la corredera de regulación en el sentido de "parada", con lo que el orificio de descarga queda libre antes. El caudal de alimentación puede reducirse hasta "caudal nulo" lo que garantiza la limitación del régimen. Durante el funcionamiento cada posición de la palanca de control del régimen tiene asignado por tanto un margen de régimen perfectamente definido entre cargas máxima y nula, siempre que el motor sea sometido a sobrecarga, de lo que se deduce que el regulador de régimen mantiene ajustado, en el marco de su grado P, el régimen teórico.

Curvas características del regulador de todo régimen.

A: posición de arranque de la corredera de regulación, S: arranque del motor con el caudal de arranque, S-L: reducción del caudal de arranque al de ralentí, L: régimen de ralentí n_{LN} una vez puesto en marcha el motor (sin carga), L-B: fase de aceleración del motor una vez que la palanca de mando de régimen ha sido ajustada dese ralentí a un valor teórico n_C B-B': la corredera de regulación permanece en la posición de plena carga durante breve tiempo provocando un aumento más rápido del régimen, B'-C: retorno de la corredera de regulación (menor caudal, mayor régimen), según el grado P, el vehículo mantiene la velocidad deseada o bien el régimen n_C en el margen de carga parcial, E:régimen n_{LT} que se alcanza al quedar sin carga el motor (p.ej. marcha con freno motor) sin que varíe la posición de la palanca de control de régimen.
1 Posición de la corredera de regulación al comienzo del corte en decelación, 2 Final del corte en deceleración.

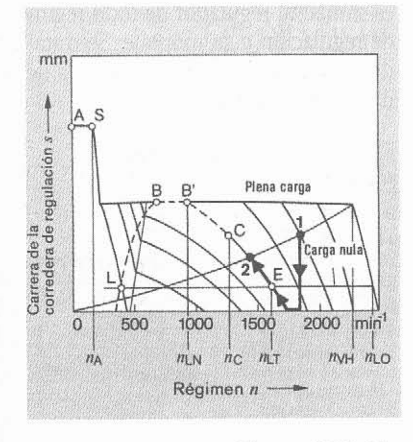


Figura 8.72. bis

Si la carga (p.ej. una pendiente) es tan pronunciada que la corredera de regulación 8 se encuentra en la posición de plena carga, pero el régimen disminuye a pesar de esto, los pesos centrífugos se desplazan más hacia el interior y en función de este régimen. Pero como la corredera de regulación ya se encuentra en la posición de plena carga, no es posible aumentar mas el caudal de combustible. El motor está sobrecargado y, en este caso, el conductor debe reducir a una marcha inferior, o bien modificar el régimen.

18.1.2.5. Marcha con freno motor

Al bajar una pendiente (marcha con freno motor) ocurre lo contrario. El impulso y la aceleración del motor los produce el vehículo. Debido a esto, los pesos centrífugos se desplazan hacia afuera y el manguito regulador presiona contra las palancas de arranque y de

sujeción. Ambas cambian de posición y desplazan la corredera de regulación en la dirección de **menos caudal** hasta que se ajusta un caudal de alimentación inferior, correspondiente al nuevo estado de carga, que en el caso extremo es nulo. En caso de descarga completa del motor se alcanza el régimen superior de ralentí. El comportamiento del regulador de "todo régimen" ya descrito es siempre aplicable a todas las posiciones de la palanca de control de régimen si, por algún motivo, la carga o el régimen varían de forma tan considerable que la corredera de regulación apoya en sus posiciones finales de "plena carga" o "parada". En la figura 8.72 bis se representan las curvas características del regulador de todo régimen, marcando las fases distintas de marcha.

18.1.3. El regulador mini-maxi

El regulador mini-maxi determina únicamente los regímenes de ralentí y máximo. El margen intermedio se controla directamente mediante el acelerador.

18.1.3.1. Construcción

El bloque regulador, que comprende los pesos centrifugos y el conjunto de palancas, es similar al regulador de todo régimen. El regulador mini-maxi se distingue por el muelle de regulación y su montaje. Se trata de un muelle de compresión alojado en un elemento de guía. La unión entre la palanca de sujección y el muelle de regulación está encomendada al perno de tope.

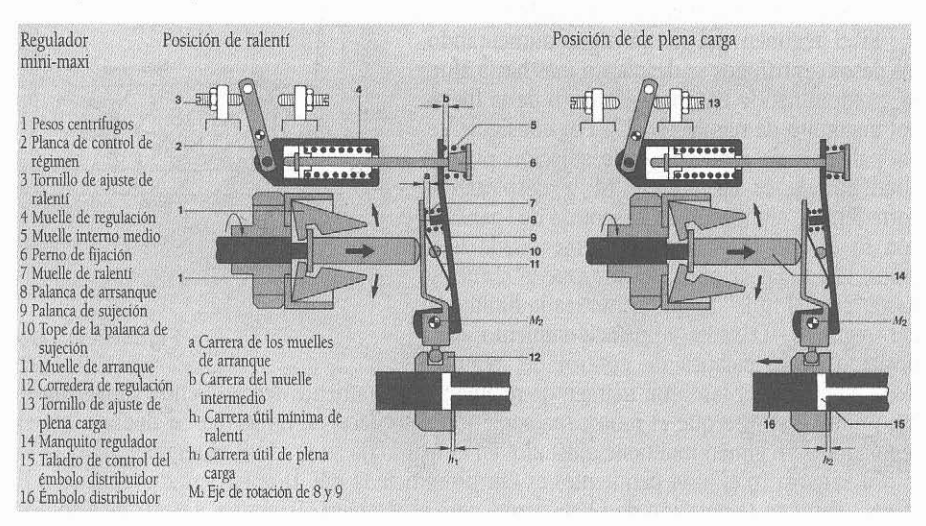


Figura 8.73.

18.1.3.2. Comportamiento en el arranque

El manguito regulador 14 figura 8.73 se encuentra en la posición de salida, ya que los pesos centrifugos están en reposo. Por ello, el muelle de arranque 11 está en condiciones de presionar la palanca de arranque 8 contra el manguito regulador. La corredera de regulación 12 del émbolo distribuidor 16 se encuentra en la posición "caudal de arranque".

18.1.3.3. Regulación de ralentí

Después de arrancar el motor y soltar el acelerador, la palanca de control del régimen 2 pasa a la posición de ralentí por efecto del muelle antagonista. Al aumentar el régimen aumenta también la fuerza centrífuga de los pesos que, por su parte interna presionan el manguito regulador 14 contra la palanca de arranque 8. La regulación se efectúa por medio del muelle de ralentí 7 solidario de la palanca de sujección. La corredera de regulación 12 se desplaza en el sentido correspondiente a reducción del caudal de alimentación por efecto del movimiento giratorio de la palanca de arranque. La posición de la corredera de regulación la determina, por tanto, la interacción entre la fuerza centrífuga y la del muelle.

28) Curvas características de un regulador mini-maxi con muelle de ralentí y muelle intermedio.

a. carrera del muelle de arranque, b: carrera del muelle de arranque y del muelle de ralentí, d: carrera del muelle intermedio, f: carrara del muelle de regulación, 1: Posición de la corredera de regulación al comienzo del corte en deceleración, 2: Final del corte en deceleración.

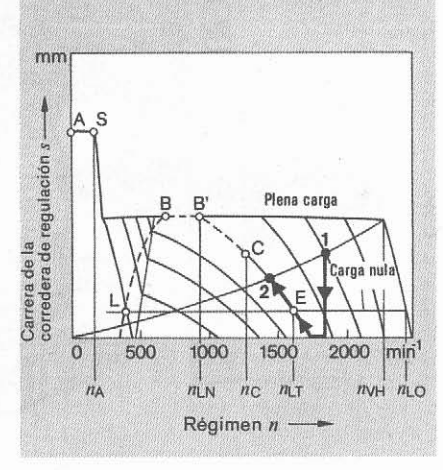


Figura 8.74.

18.1.3.4. Funcionamiento en carga

Si el conductor acciona el pedal del acelerador, la palanca de mando de régimen 2 adopta un ángulo de inclinación determinado. El margen de actuación de los muelles de arranque 11 y de ralentí 7 queda anulado y entra en acción el muelle intermedio 5. El muelle intermedio del regulador mini-maxi permite obtener un margen de ralentí más amplio, un mayor grado P y una transición más "suave", al margen no regulado. Si la palanca de control de régimen 2 se sigue desplazando en dirección a plena carga, el desplazamiento del muelle intermedio prosigue hasta que el collarín del perno apoya en la palanca tensora. El margen de actuación del muelle intermedio queda anulado y actúa, por tanto, el margen sin regulación, determinado por la tensión previa del muelle de regulación.

Para este margen de régimen, el muelle puede considerarse rígido. La variación de la posición de la palanca de control de régimen (o del pedal del acelerador) es transmitida ahora a la corredera de regulación por medio del mecanismo regulador. Así, mediante el pedal del acelerador se determina directamente el caudal de alimentación.

Si el conductor desea aumentar la velocidad o ha de subir una pendiente debe dar "más gas"; si, por el contrario se exige menor potencia del motor, deberá "quitar gas" Si el motor queda ahora sin carga, con la posición de la palanca de control de régimen sin modificar a caudal constante se produce una elevación del régimen. La fuerza contrífuga aumenta, y obliga a los pesos a desplazar el manguito regulador contra las palancas de arranque y de sujeción. Sólo después de que ha sido vencida la tensión previa del muelle de regulación por efecto de la fuerza del manguito, tiene lugar de forma eficiente la regulación limitadora final al margen de régimen nominal.

En ausencia total de carga, el motor alcanza el régimen máximo de ralentí y está, por tanto, protegido contra sobrerrevoluciones.

Los vehículos de turismo suelen ir equipados con una combinación de reguladores "todo régimen", y mini-maxi. Figura 8.74.

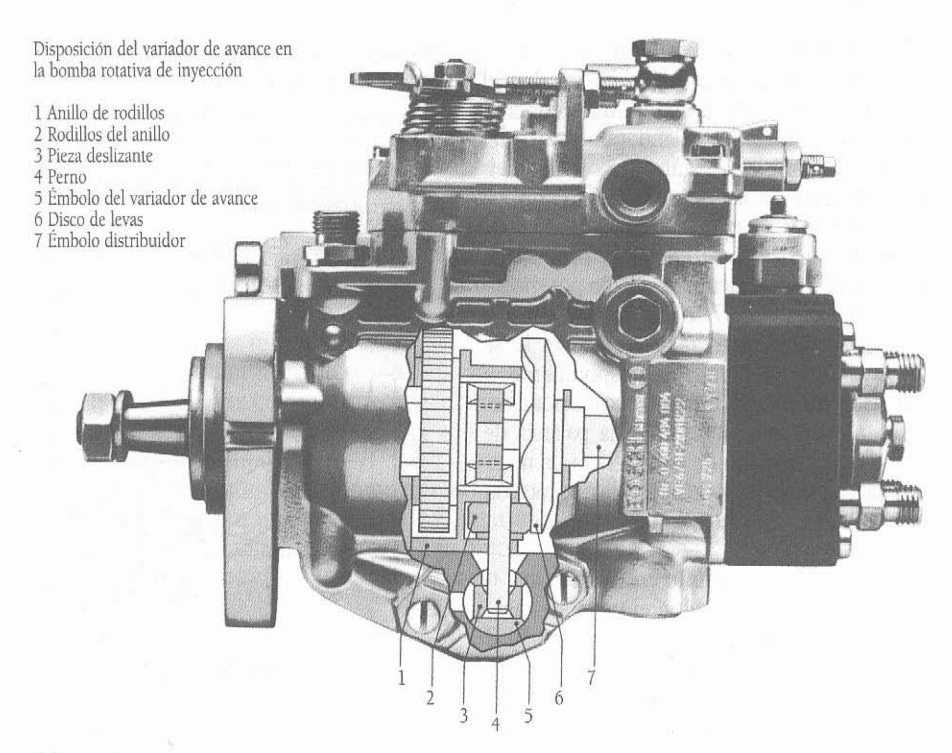


Figura 8.75.

19. VARIACIÓN DEL AVANCE

19.1. El variador de avance

El variador de avance de la bomba rotativa de inyección permite adelantar el comienzo de la inyección en relación con la posición del cigüeñal del motor y de acuerdo con el régimen, para compensar los retardos de inyección e inflamación. Figura 8.75.

19.1.1. Función

Durante la fase de inyección de la bomba, la apertura del inyector se produce mediante una onda de presión que se propaga a la velocidad del sonido por la tubería de inyección. El tiempo invertido en ello es independiente del régimen; sin embargo, el ángulo descrito por el cigüeñal entre el comienzo de la alimentación y el de la inyección aumenta con el régimen. Esto obliga por tanto, a introducir una corrección adelantando el comienzo de la alimentación. El tiempo de la propagación de la onda de presión lo determinan las dimensiones de la tubería de inyección y la velocidad del sonido que es de aprox. 1.500 m/seg. en el gasóleo. A este tiempo se le denomina retardo de inyección (Fig. 8.76) y el comienzo de la inyección está por consiguiente retrasado con respecto al comienzo de alimentación. Debido a este fenómeno, a regímenes altos el inyector abre, en términos referidos a la posición del pistón, más tarde que a regímenes bajos.

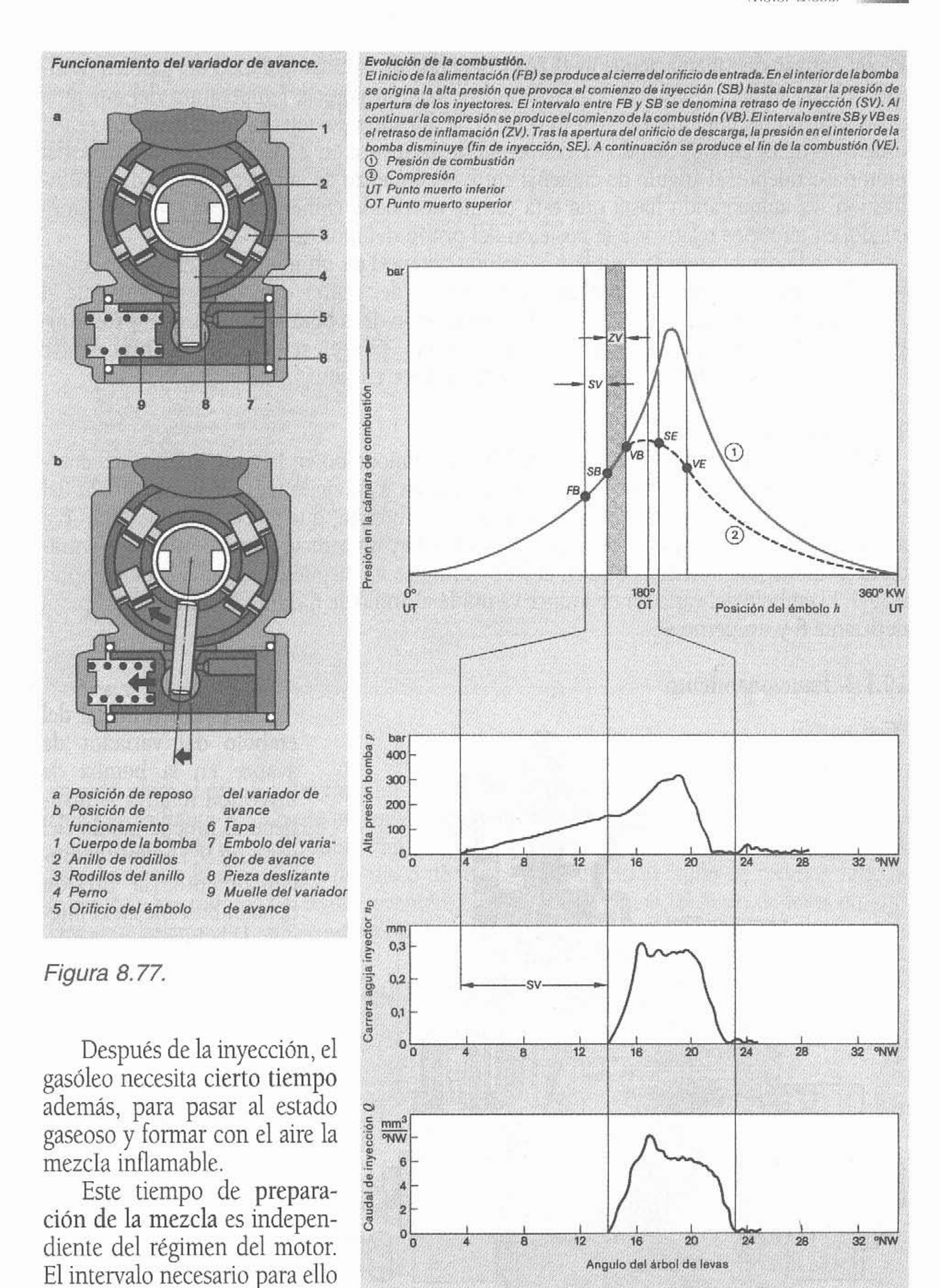


Figura 8.77.

Figura 8.76

Después de la inyección, el gasóleo necesita cierto tiempo además, para pasar al estado gaseoso y formar con el aire la mezcla inflamable.

Este tiempo de **preparación de la mezcla** es independiente del régimen del motor. El intervalo necesario para ello entre el comienzo de la inyección y el de la combustión se denomina, en los motores

Diesel, retraso de inflamación (Fig. 8.76) y depende de la inflamabilidad del gasóleo (indicada por el índice de centano), la relación de compresión, la temperatura del aire y la pulverización del combustible. Por lo general, la duración del retraso de inflamación es del orden de milisegundo. Siendo el comienzo de la inyección constante y el régimen del motor ascendente, el ángulo de cigüeñal entre el comienzo de la inyección y el de la combustión, va aumentando hasta que esta última no puede comenzar en el momento adecuado, en términos relativos a la posición del pistón del motor.

Como la combustión favorable y la óptima potencia de un motor Diesel sólo se consiguen con una posición determinada del cigüeñal o del pistón, a medida que aumenta el régimen debe adelantarse el comienzo de alimentación de la bomba de inyección para compensar el desplazamiento temporal condicionado por el retraso de la inyección e inflamación. Para ello se utiliza el **variador de avance** en función del régimen.

19.1.2. Construcción

El variador de avance por control hidráulico va montado en la parte inferior del cuerpo de la bomba rotativa de inyección, perpendicular a su eje longitudinal. El émbolo del variador de avance 7 es guiado por el cuerpo de la bomba, que va cerrado con tapas 6 a ambos lados. En el émbolo del variador de avance hay un orificio 5 que posibilita la entrada de combustible, mientras que en el lado contrario va dispuesto un muelle de compresión 9. El émbolo del variador de avance va unido al anillo de rodillos 2 mediante una pieza deslizante 8 y un perno 4.

19.1.3. Funcionamiento

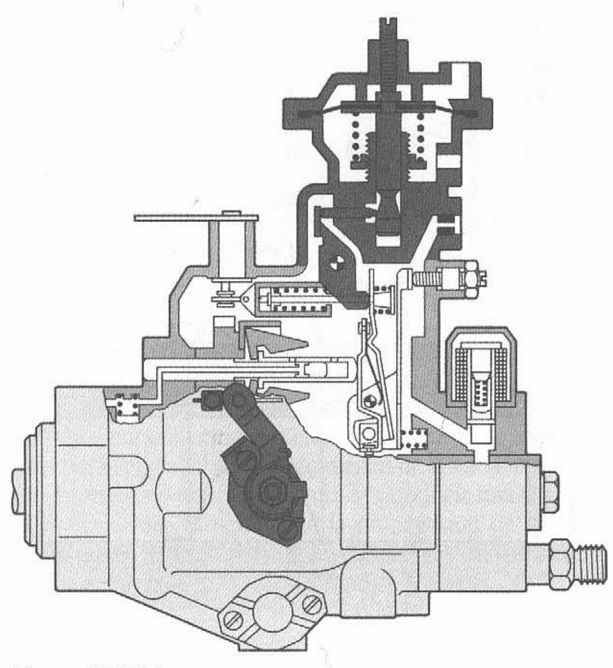


Figura 8.77.bis

La posición inicial del émbolo del variador de avance en la bomba de inyección rotativa la mantiene el muelle tarado del variador 9. Durante el funcionamiento, la presión del combustible en el interior de la bomba la regula, en proporción al régimen, la válvula de control de presión junto con el estrangulador de rebose ya explicados. Por consiguiente, la presión del combustible creada en el interior de la bomba se aplica por el lado del émbolo opuesto al muelle del variador de avance.

La presión del combustible (presión en el interior de la bomba) sólo vence la resistencia inicial del mue-

Esquema funcional de la bomba rotativa de inyección del tipo VE.

Compensación mecánica/hidráulica de plena carga. *Compensación del caudal de alimentación a las características de consumo de combustible del motor en función del régimen.*

LDA ***Tope de plena carga en función de la presión de carga.*** *Control del caudal de alimentación según la presión de carga.*

LFB ***Comienzo de alimentación en función de la carga.*** *Adaptación del inicio de la alimentación al estado de carga para evitar ruidos.*

ADA ***Tope de plena carga según la presión atmosférica.*** *Control del caudal de alimentación de acuerdo con la presión atmosférica.*

KSB ***Acelerador de arranque en frío.*** *Mejora del comportamiento de arranque en frío modificando el comienzo de la alimentación.*

(TAS)* Caudal de arranque según la temperatura. *El control del caudal de arranque en función de la temperatura del motor evita la emisión de humos al arrancar en caliente.*

(TLA)* Elevación del régimen de ralentí en función de la temperatura. *Mejora de la fase de calentamiento y de la estabilidad de funcionamiento elevando el régimen de ralentí con el motor frío.*

ELAB Dispositivo eléctrico de parada.

n_{real} *Régimen real (valor de regulación)*
$n_{consig.}$ *Régimen teórico (valor guía)*
Q_F *Caudal de alimentación*
t_M *Temp. del motor, sólo con KSB autom.*
p_L *Presión de carga*
p_A *Presión atmosférica*
p_i *Presión en el interior de la bomba*

** sólo es posible conjuntamente con KSB.*

n_{real} Acciona-miento

Combus-tible

t_M $n_{teór.}$ $U_{conect.}/U_{desconect}$ t_M P_L/P_A

TLA, TAS, Regulación de régimen, Control de caudal, LDA ADA, ELAB, ①, ②, Bomba de alimentación de aletas, Bomba de alta presión con distribuidor, Válvulas de impulsión, Inyectores Q_F, LFB, P_i, P, Variador de avance, KSB, t_M

□ *Versión básica*
■ *Grupos de adaptación*
① *Compensación de plena carga con grupo de palancas de regulación*
② *Compensación hidráulica de plena carga*

Figura 8.78.

lle y desplaza el émbolo del variador de avance, a partir de un determinado régimen (300 rpm) en la figura 8.77 hacia la izquierda. El movimiento axial del émbolo se transmite al anillo de rodillos montado sobre cojinete por medio de la pieza deslizante 8 y el perno 4. Esto hace que la disposición del disco de levas con respecio al anillo de rodillos varíe de forma que los rodillos del anillo levanten, con cierta antelación, el disco de levas en giro. El disco de levas y el émbolo distribuidor están, por lanto, desfasados en un determinado

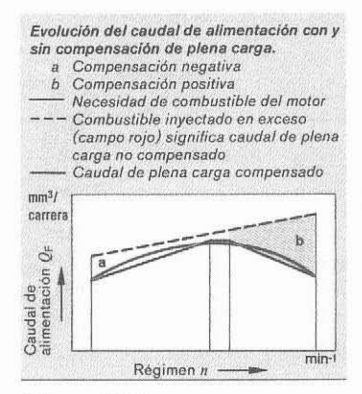


Figura 8.79.

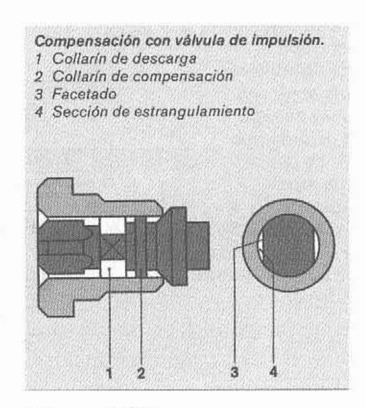


Figura 8.80.

ángulo de rotación con respecto al anillo de rodillos. El valor angular puede ser de hasta 12° de ángulo de leva (24° de ángulo de cigüeñal).

20. DISPOSITIVOS DE ADAPTACIÓN

La bomba rotativa de inyección, figura 8.77, ha sido realizada según el principio de construcción modular y puede ser equipada con diferentes dispositivos adicionales según las exigencias del motor. De esta forma se consiguen múltiples posibilidades de adaptación que permiten alcanzar !os valores más favorables de par motor, potencia, consumo y emisiones de escape. La tabla resumen de la figura 8.78 explica estos dispositivos y cómo influyen en el motor Diesel. El esquema funcional muestra la interacción del equipo básico y de los dispositivos de adaptación de la bomba rotativa de inyección.

20.1. Compensación

Se entiende por compensación la adaptación del caudal de alimentación de combustible a la curva característica de consumo del motor de acuerdo con el régimen. Figura 8.78.

La compensación puede ser necesaria por determinadas exigencias; en plena carga es preciso que los gases de escape, el par motor y el consumo de combustible sean adecuados, habiendo tendencia al "enriquecimiento" es preciso "la compensación". En consecuencia, se debe inyectar tanto combustible como consuma el motor. El consumo de combustible del motor disminuye sensiblemente al aumentar el régimen.

La figura 8.79 muestra la curva caracteristica del caudal de alimentación de una bomba de inyección no compensada. De ella se desprende que, a idéntica posición de la corredera de regulación en el émbolo distribuidor, la bomba de inyección alimenta algo más de combustible a régimen alto que a régimen bajo. La causa de este caudal adicional es el efecto de estrangulación del orificio de descarga del émbolo distribuidor. Si el caudal de alimentación de la bomba de inyección se ajusta de forma que el par motor máximo posible se consigaen el margen inferior de régimen, a regímenes elevados el motor no quemará el combustible inyectado sin pro-

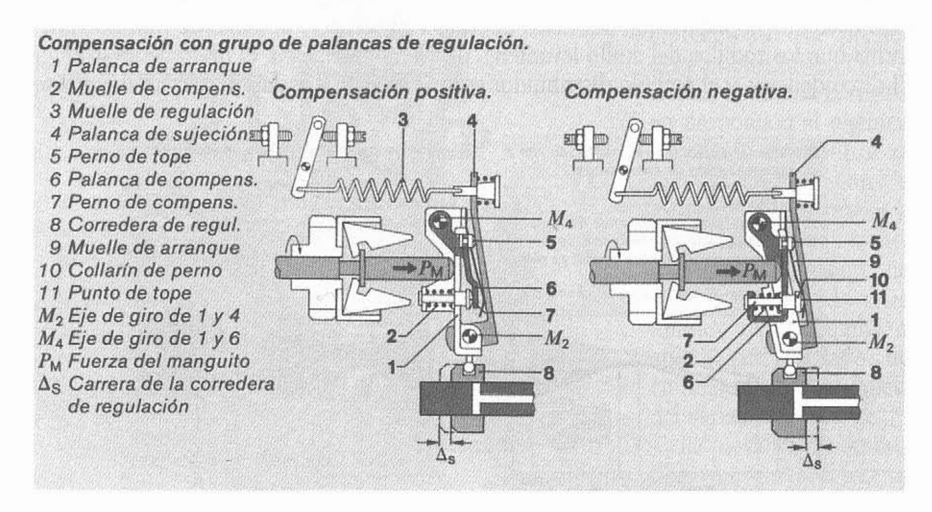


Figura 8.81.

ducir humos. La consecuencia de inyectar demasiado combustible será un sobrecalentamiento del motor. Si, por el contrario, el caudal de alimentación máximo se determina de forma que corresponda al consumo del motor a su régimen y carga máximos, a regímenes bajos, éste no podrá desarrollar su máxima potencia, ya que también el caudal de alimentación se reduce cada vez más a medida que el régimen disminuye. La potencia no sería, por tanto, "óptima".

En consecuencia, el caudal de combustible inyectado se debe adaptar al consumo de combustible del motor. La compensación puede efectuarse en la bomba rotativa de inyección mediante la válvula de impulsión o un grupo ampliado de palancas de regulación. La compensación de plena carga con el grupo de palancas de regulación se efectúa siempre que una compensación positiva de plena carga con la válvula de impulsión no es suficiente, o bien se requiere una compensacion de plena carga negativa.

20.1.1. Compensación positiva

La compensación positiva de plena carga es necesaria en las bombas de inyección que alimentan demasiado combustible en el margen superior de régimen. Para evitarlo en algunas bombas de inyección es preciso reducir el caudal de alimentación de la bomba de inyección a medida que aumenta el régimen.

20.1.2. Compensación positiva con la válvula de impulsión. Figura 8.80

Esta compensacion positiva puede conseguirse, dentro de delerminados límites, mediante válvulas de impulsión. Para este caso de aplicación, las válvulas de impulsión llevan, además del collarín de descarga, un segundo collarín. Sobre éste, según las necesidades, van dos superficies cónicas. Las secciones así formadas actúan a modo de estrangulador que, a medida que aumenta el régimen de la bomba de inyección, produce una evolución decreciente del caudal de alimentación.

20.1.3. Compensación positiva con el grupo de palancas de regulación. Figura 8.81

El régimen específico de inicio de la compensación depende de los distintos valores de tarado del muelle de compensación. Al alcanzarse este régimen las fuerzas de tarado inicial del muelle de compensación y la fuerza del manguito (PM) deben estar equilibradas. La palanca de compensación (6) apoya entonces sobre el perno tope (5) de la palanca tensora (4) El extremo libre de la palanca de compensación toca el perno de compensación.

Si aumenta el régimen lo hace también la fuerza del manguito que actúa sobre la palanca de arranque (1). El eje de giro común (M_4) de la palanca de arranque y de la de compensación cambia de posición. Simultáneamente, la palanca de compensación gira alrededor del perno-tope (5) y presiona el de compensación en dirección al tope. Debido a esto la palanca de arranque gira alrededor del eje (M_2) Y empuja la corredera de regulación (8) hacia menor caudal de inyección. Tan pronto como el collarín del perno (10) descansa en la palanca de arranque (1), la compensación termina.

20.1.4. Compensación negativa

La compensación negativa de plena carga puede ser necesaria en los motores con problemas de humos negros en el margen inferior de régimen o que precisan conseguir un aumento especial del par motor. Asimismo, los motores sobrealimentados exigen una compensación negativa si se prescinde del tope de plena carga en función de la presión de carga (LDA). En estos casos, a medida que aumenta el régimen crece también considerablemente el caudal de alimentación (Fig. 8.79.)

Bomba rotativa de inyección con tope de plena carga en funcion de la presión de carga

1 Muelle de regulación
2 Tapa del regulador
3 Palanca de tope
4 Pasador guía
5 Tuerca de ajuste
6 Membrana
7 Muelle de compresión
8 Perno de control
10 Tornillo de ajuste del caudal de plena carga
11 Palanca de ajuste
12 Palanca de sujeción
13 Palanca de arranque
M_1 Eje de giro de 3

Figura 8.82

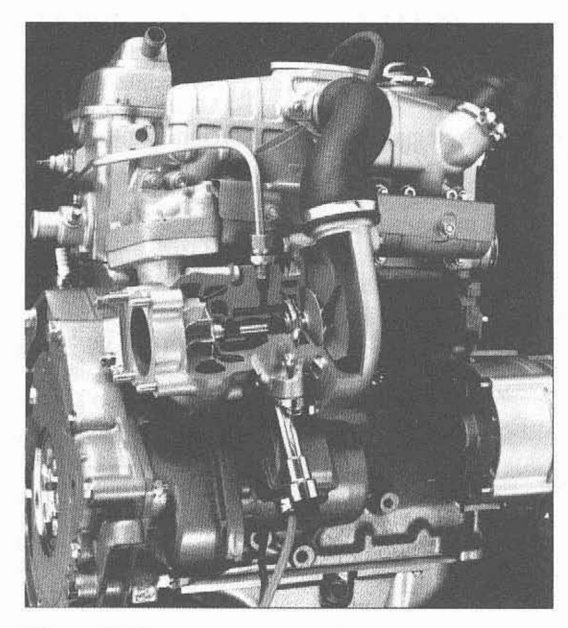


Figura 8.83.

20.1.5. Compensación negativa con el grupo de palancas de regulación figura 8.81

Tras comprimir el muelle de arranque (9), la palanca de compensación (6) apoya en la palanca de sujección (4) por medio del perno de tope (5). El perno de compensación (7) también apoya en la palanca tensora.

Si la fuerza del manguito (PM) crece como consecuencia del aumento del régimen, la palanca de compensación presiona contra el muelle de compensación tarado. Si la fuerza del manguito es superior a la del muelle de compensación, la palanca de compensación (6) es empujada en dirección al collarín del perno (10), con lo que el eje de giro conjunto (4) de las palancas de arranque y de compensación cambia de posición. Simultáneamente, la palanca de arranque gira alrededor de su eje (M_2) y empuja la corredera de regulación (8) en

dirección a más caudal. La compensación termina tan pronto como la palanca de compensación descansa sobre el collarín del perno.

20.2. Adaptación de la presión de carga

El tope de plena carga según la presión reacciona a la que produce el turbocompresor de gases de escape y tiene por misión adaptar el caudal de alimentación de plena carga a la presión de carga. Figura 8.82.

20.2.1. Sobrealimentación mediante turbocompresor

A dimensiones y regímenes prácticamente idénticos la sobrealimentación del motor Diesel mediante turbocompresor supone una ganancia de potencia en relación al método de aspiración libre (atmosférica). La potencia útil se puede aumentar entonces en función del incremento sensible de la masa de aire. Además a menudo es posible reducir el consumo específico de combustible.

La sobrealimentación del motor Diesel se realiza mediante un turbocompresor de gases de escape. Los residuos de la combustión, producidos por el motor, ya no son expulsados inútilmente a la atmósfera, sino que se utilizan para accionar la turbina de un compresor, cuya velocidad de rotación puede sobrepasar las 100.000 revoluciones por minuto. La turbina va conectada al compresor del turbo por medio de un árbol, figura 8.83 y 8.84.

El compresor aspira aire y lo envia, bajo presión, a la cámara de combustión del motor. Con ello, no solo aumenta la presión del aire aspirado, sino también su temperatura. Si la temperatura es demasiado elevada, se procede a enfriar el aire entre la entrada del turbocompresor y la del motor. Figura 8.83.

20.2.2. Tope de plena carga según la presión de carga (LDA)

20.2.2.1. Función

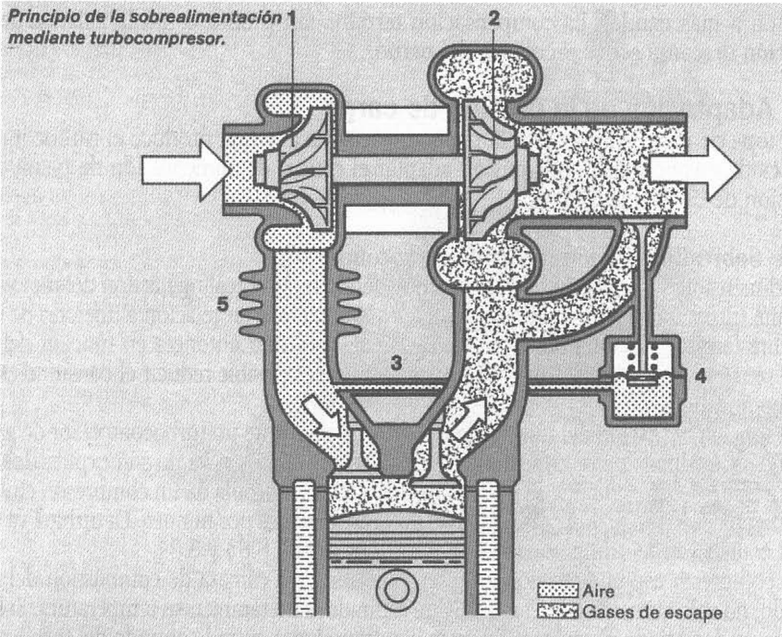
El tope de plena carga segun la presión de carga se utiliza en motores sobrealimentados. En estos motores Diesel, el caudal de combustible está adaptado al mayor volumen de aire de llenado de los cilindros (sobrealimentación).

Si el motor Diesel sobrealimentado funciona con un volumen de aire inferior en los cilindros del motor, el caudal de combustible deberá ser adaptado a esta masa de aire reducida. De esa misión se encarga el tope de plena carga accionado por la presión de carga, que reduce el caudal de plena carga a partir de una presión de sobrealimentación definida (elegible).

20.2.2.2. Construcción

El tope de plena carga según la presión de carga va montado en la parte superior de la bomba rotativa de inyección, figura 8.82. En la parte superior se encuentra la conexión para la presión de sobrealimentación y el orificio de purga. El recinto interior se divide en dos cámaras autónomas y estancas al aire por medio de una membrana (6) contra la que actúa un muelle de compresión (7) fijado al otro lado mediante una tuerca de ajuste, con la que se puede graduar la tensión previa del muelle de compresión.

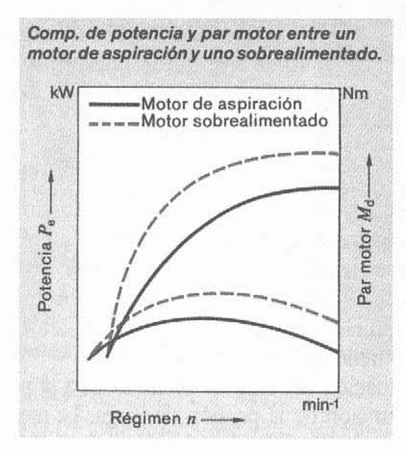
De esta forma se adapta el momento de actuación del tope de plena carga a la presión de sobrealimentación del turbocompresor en funcion de la presión de carga. La membrana es solidaria del perno de control, que dispone de un cono al que palpa un pasador guía (4). Este pasador transmite el movimiento de regulación del perno de ajuste a la palanca



Principio de la sobrealimentación mediante turbocompresor.

La turbina y el rotor del compresor van montados en un árbol común. La velocidad de rotación puede sobrepasar las 100.000 revoluciones por minuto. La energía de los gases calientes del escape no se disipa al exterior sin ser aprovechada sino que se utiliza para accionar la turbina (2) y el compresor de aire (1). Así, el motor ya no necesita aspirar directamente el aire, puesto que lo recibe precomprimido de la cámara de combustión. Como el caudal de aire del turbocompresor no es proporcional a las necesidades del motor, se requiere un dispositivo de regulación que evite una sobrecarga en los regímenes altos. En el momento en que se sobrepasa la máxima presión de sobrealimentación, la válvula de descarga (4), montada dentro del canal en bypass (3) entre los colectores de admisión y de escape, desvía una parte del flujo de gases de escape de la turbina y la conduce directamente al tubo de escape. Así, la presión deja de subir. A temperaturas demasiado elevadas se procede a refrigerar el aire entre las entradas del compresor y del motor (5).

Comp. de potencia y par motor entre un motor de aspiración y uno sobrealimentado.



Comp. de potencia y par motor entre un motor de aspiración y uno sobrealimentado.

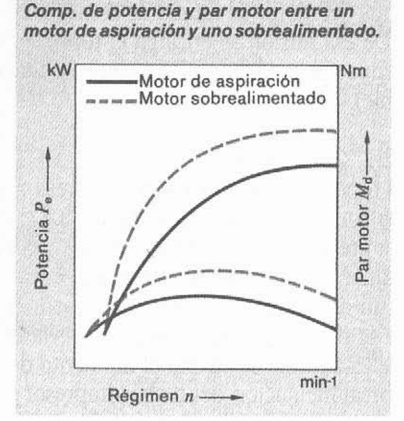


Figura 8.84.

de tope (3), que modifica el tope de plena carga. Con el perno de ajuste (8) en la parte superior del LDA se define la posición de partida de la membrana y el perno de control.

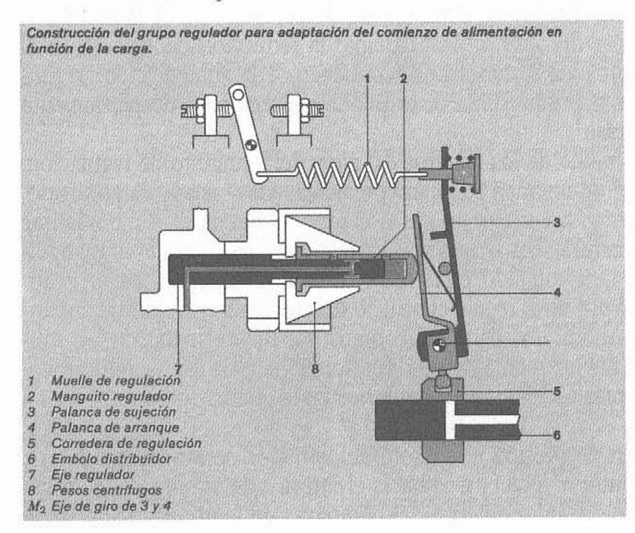
20.2.2.3. Funcionamiento

La presión de sobrealimentación generada por el turbocompresor a bajo régimen no basta para vencer la resistencia del muelle (7), figura 8.82. La membrana (6) se encuentra en su posición inicial. En el momento en que la membrana es sometida a la fuerza generada por el aumento de la presión de sobrealimentación, la membrana y, por tanto, el perno de control (8), se desplazan en oposición al empuje del muelle.

Debido a este movimiento vertical del perno de control, el pasador guía (4) cambia de posición, lo que obliga a la palanca de tope a realizar un movimiento de giro alrededor de su eje M_1. Gracias a la fuerza de tracción del muelle de regulación, la palanca de sujección, la de tope, el pasador guía y el cono de control se hacen solidarios. Por tanto, la palanca de sujección sigue el movimiento de giro de la de tope, de forma que las palancas de arranque y de sujección describen un movimiento de giro alrededor de su eje común, y desplazan la corredera de regulación en el sentido "aumento de caudal".

El caudal de combustible se adapta, por tanto, a la mayor masa de aire presente en la cámara de combustión del motor.

Si la presión de sobrealimentación desciende, el muelle de compresión situado debajo de la membrana empuja el perno de control (8) hacia arriba. El movimiento de ajuste del mecanismo regulador se invierte, con lo que se reduce el caudal de combustible en función de la variación de presión de sobrealimentación. Si se avería el turbocompresor, el LDA



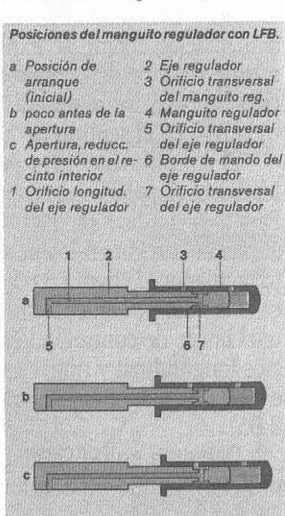


Figura 8.85.

vuelve a su posición de partida y limita el caudal de plena carga de forma que quede garantizada una combustión sin humos. El caudal de plena carga con presión de carga se ajusta mediante el tornillo de tope de plena carga montado en la tapa del regulador.

20.2.3. Adeptación en función de la carga

El instante de comienzo de la alimentación debe desplazarse en el sentido de avance, en el de "retraso", de acuerdo con la "carga" del motor Diesel.

20.2.3.1. Comienzo de la alimentación en función de la carga (FB). Función

El instante de comienzo de la alimentación en función de la carga ha sido calculado de forma que, al reducirse la carga (p.ej. de máxima a parcial), a idéntica posición de la palanca de mando de régimen, el comienzo de alimentación se desplace en el sentido de "retraso". A medida que aumenta la carga se va produciendo un desplazamiento del momento inicial de la alimentación o bien del de inyección, en el sentido de "avance". Mediante esta adaptación se consigue una marcha más suave del motor.

20.2.3.2. Estructura

La adaptación de "comienzo de alimentación según la carga" se realiza modificando el manguito regulador (2), el eje regulador (7) y el cuerpo de la bomba. Para ello, el manguito va provisto de un laladro transversal adicional y el eje lleva un orificio longitudinal así como dos transversales. En el cuerpo de la bomba hay otro orificio más, de forma que con esta disposición se establezca la unión entre el recinto interior de la bomba de inyección y el lado de aspiración de la bomba de alimentación de aletas (figura 8.85).

20.2.3.3. Funcionamiento

El variador de avance desplaza en el comienzo de la alimentación en el sentido de "avance", a medida que aumenta el régimen, debido a la presión creciente de la bomba de alimentación, como se explicó en el punto 19. Mediante la reducción de presión en el recinto interior de la bomba provocada por el LFB (comienzo de la alimentación en función de la carga, explicado en el punto 20.2.3.), se puede conseguir un desplazamiento (relativo) en el sentido de "retraso".

El control tiene lugar por medio de los taladros del eje y del manguito de regulación. Mediante la palanca de control de régimen se puede preajustar un régimen determinado. Para alcanzar este régimen teórico preestablecido es necesario aumentarlo. A medida que aumenta el régimen los pesos centrífugos se mueven hacia afuera desplazando el manguito regulador (2) figura 8.85. Así, por un lado, en lo relativo a la regulación normal, se reduce el caudal de alimentación; y por otro, regula el orificio del manguito regulador mediante el borde de control del eje. Ahora, una parte del combustible fluye a través de los orificios longitudinal y transversal del eje regulador en dirección al lado de aspiración, provocando una disminución de la presión en el recinto interior de la bomba (posición c figura 8.85).

Debido a esta disminución de presión el émbolo del variador de avance cambia de posición, lo que necesariamente provoca el giro hacia el interior de la bomba del anillo de rodillos, con el consiguiente desplazamiento del comienzo de la alimentación hacia "retraso". Al disminuir el régimen (p.ej., por aumento de la carga), el manguito regulador se desplaza de forma que sus orificios y los del eje regulador quedan tapados. El combustible del recinto interior de la bomba ya no puede circular al lado de aspiración, con lo que aumenta la presión en el interior. El émbolo del variador de avance realiza un movimiento en oposición a la fuerza de su muelle, el anillo de rodillos se desplaza en sentido inverso al de giro de la bomba y el comienzo de la alimentación se desplaza de nuevo en el sentido avance"

20.2.4. Adaptación acorde con la presión atmosférica

A grades altitudes y debido a la menor densidad del aire la masa de aire aspirada es también menor. El caudal de plena carga inyectado no se puede quemar, se producen humos y aumenta la temperatura del motor. Para evitarlo, se emplea un tope de plena carga en función de la presión atmosférica, que modifica el caudal de plena carga en función del valor de aquélla.

20.2.4.1. Tope de plena carga según la presión atmosférica (ADA). Construcción

El tope de plena carga de acuerdo con la presión atmosférica se encuentra situado al igual que el que actúa en función de la presión de carga, en la tapa del regulador. Este tiene, en lugar de la membrana, una cápsula barométrica. El muelle de compresión, con el que se puede delerminar el momento de actuación de la cápsula barométrica, está dispuesto entre el cuerpo de la tapa del regulador y el platillo de muelle. La cápsula barométrica está en comunicación con la atmósfera a través del orificio de purga.

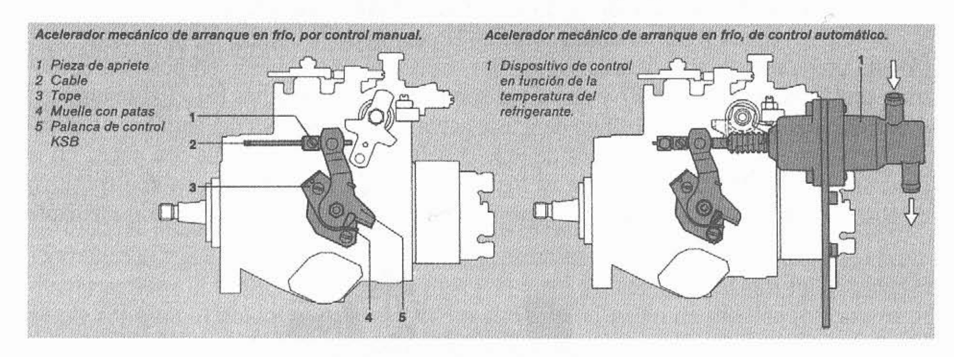
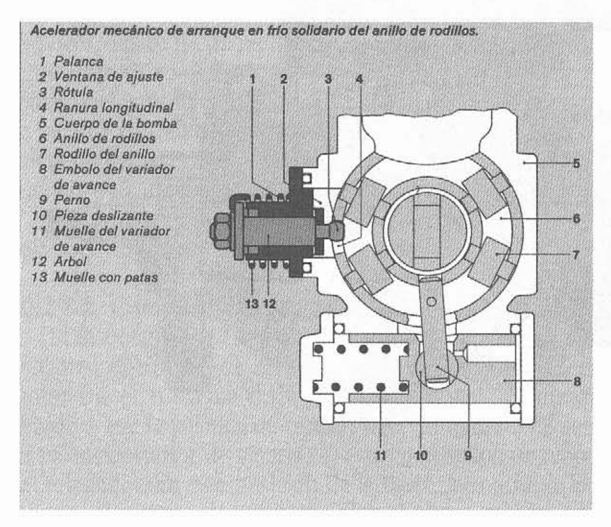


Figura 8.86.



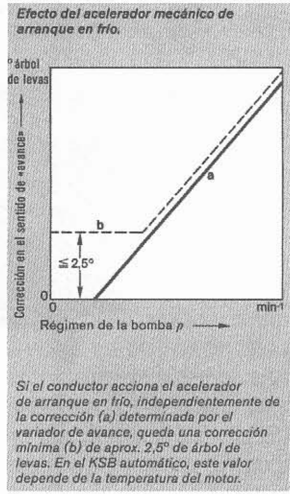


Figura 8.87.

20.2.4.2. Funcionamiento

En el margen de actuación de la cápsula barométrica se produce un aumento de la altura de la cápsula a medida que disminuye la presión atmosférica. El perno de control cargado por muelle se desplaza en oposición a la fuerza de éste y el pasador guía describe un movimiento horizontal debido al cono de control. La continuación del proceso de contra, ha sido descrita en la figura 8.82 explicar el tope de plena carga en función de la presión de carga.

20.2.5. Adaptación para arranque en frío

Este sistema permite mejorar las características del motor Diesel en frío desplazando el comienzo de la alimentación en dirección a "avance". La corrección la efectúa el conductor desde el habitáculo del vehículo por medio de un cable, o bien se realiza automáticamente mediante un dispositivo de graduación en función de la temperatura.

20.2.6. Acelerador mecánico de arranque en frío (KSB). Construcción

El KSB (5) figura 8.86, va montado sobre el cuerpo de la bomba. La palanca de tope (5) está unida por un eje a la palanca interior, en la que va dispuesta, en posición excéntrica, una rótula (3) figura 8.87 y que actúa sobre el anillo de rodillos (6). (Existe también una versión en la que el dispositivo de ajuste actúa sobre el émbolo del variador de avance). La posición inicial de la palanca de tope la define el tope y el muelle con patas. En la parte superior de la palanca de tope va fijado el cable (2), que conecta con el dispositivo de control manual o automático. El dispositivo de control automático va fijado mediante

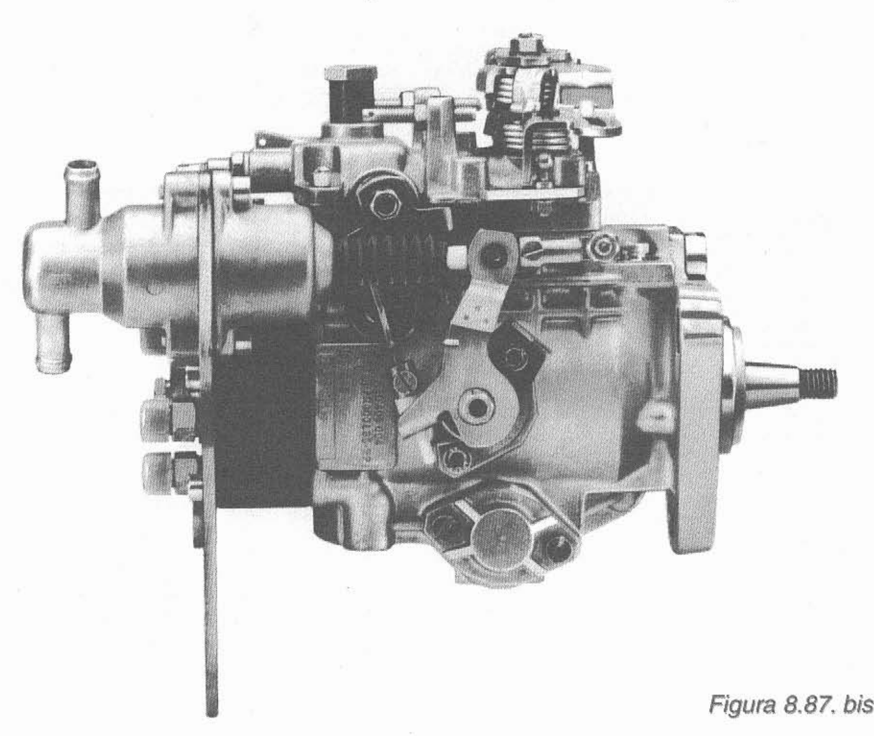


Figura 8.87. bis

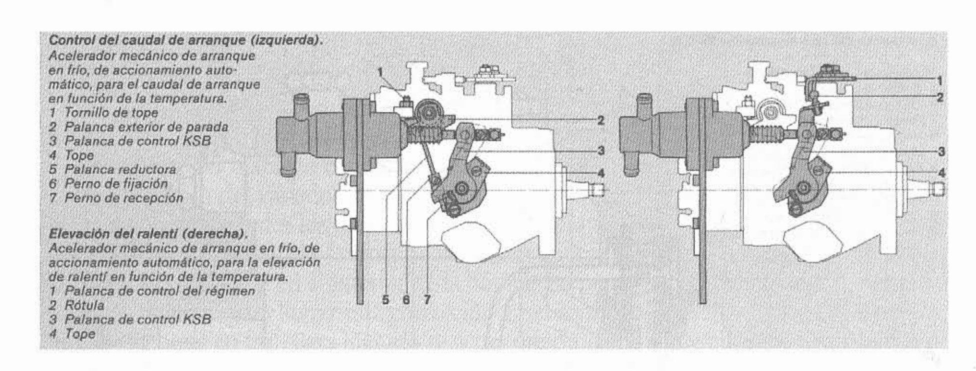


Figura 8.88.

un soporte a la bomba rolativa de inyección, mientras que el de accionamiento manual se encuentra en el habitáculo del vehículo.

20.2.6.1. Funcionamiento

Los aceleradores para arranque en frío mediante control automático figura 8.87 sólo se diferencian de los manuales en el dispositivo de corrección externa. Su funcionamiento es idéntico.

Si no se acciona el cable, el muelle con patas (4) empuja la palanca de tope contra éste. La rótula (3) y el anillo de rodillos (6) se encuentran en la posición inicial. Cuando el conductor acciona el cable, la palanca de tope y el árbol así como la palanca interior con la rótula (3) giran. Debido a este movimiento giratorio, el anillo de rodillos (6) cambia de posición, anticipándose el comienzo de la alimentación.

La rótula (3) engancha el anillo de rodillos (6) en una ranura longitudinal. Así, el émbolo del variador de avance puede seguir desplazando el anillo de rodillos en el sentido "avance", a patir de un régimen determinado. La corrección automática tiene lugar mediante un dispositivo de control en el que un elemento dilatable en función de la temperatura transforma las diferencias producidas en la del refrigerante en un movimiento de traslación. La ventaja está en que según sea la temperatura del refrigerante (arranque en frío, fase de calentamiento o arranque con el motor caliente), siempre se ajusta el instante óptimo de comienzo de alimentación o de inyección.

Según el sentido de giro y la posición de montaje, existen diferentes disposiciones de palancas y dispositivos de accionamiento.

20.2.6.2. Control del caudal de arranque en función de la temperatura (TAS)

El dispositivo de caudal de arranque en función de la temperatura (TAS) es un equipo adicional que se puede combinar con el KSB automático. Al poner en marcha en frío el motor Diesel, no actúa el disposilivo de caudal de arranque en función de la temperatura debido a que la palanca de control KSB (3) figura 8.88 se encuentra en su posición inicial. La palanca exterior de parada (2) está en posición de reposo, ya que descansa sobre la tapa del regulador. En esta posición de la palanca es posible la máxima alimentación de caudal durante el proceso de arranque. Con el motor caliente la palanca de mando. KSB descansa en su tope (4). En esta posición, la varilla ha hecho girar la palanca exterior de parada

Acelerador hidráulico de arranque en frío.

1 Válvula de control de presión
2 Embolo de válvula
3 Orificio estrangulador
4 Presión en el interior
5 Válvula de mantenimiento de la presión
6 Elemento dilatable con calefacción eléctrica
7 Válvula de bola
8 Combustible circulante sin presión (con la válvula de bola abierta)

Figura 8.89.

Ya en el arranque en frío a regímenes bajos el acelerador hidráulico para arranque en frío desplaza el comienzo de la inyección en el sentido de "avance". En el gráfico se representa mediante una línea a trazos el efecto del acelerador hidráulico de arranque en frío.

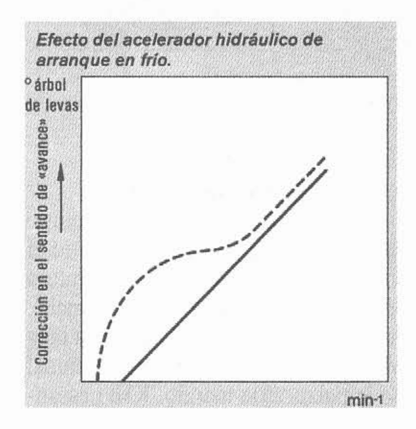


Figura 8.90.

en un recorrido determinado en la dirección al tornillo de tope (1). Así, mediante la palanca de parada se impide que la carrera del caudal de arranque se libere tolalmente o en parte en el interior de la bomba, con lo que se evita la formacion de humos al arrancar (con el motor caliente).

20.2.7. Elevación del ralentí en función de la temperatura (TLA)

También el TLA es accionado mediante el dispositivo de control y está combinado con el KSB automático, para lo cual se ha prolongado la palanca de Control KSB y se la ha dotado de una rótula (2), figura 8.88 derecha. Con el motor frío, esta rótula presiona contra la palanca de control de régimen y la separa de su tornillo de tope de ralentí, con lo que se aumenta el régimen (1) de éste, evitándose la marcha irregular del motor. Con el motor caliente, la palanca de control KSB descansa en su tope. Como consecuencia, la palanca de mando de régimen (1)

descansa también en el tornillo tope de ralentí (4), y la elevación de régimen en función de la temperatura deja de actuar.

20.2.8. Acelerador hidráulico de arranque en frío

El avance del **instante comienzo de la inyección** mediante el desplazamiento mecánico del émbolo del variador de avance sólo se puede realizar dentro de estrechos límites y no, es aplicable a todos los motores. El método hidráulico de desplazamiento del momento de inyección en sentido "avance" consiste en aplicar al émbolo del variador de avance (2) la presión reinante en el interior de la bomba. La presión en el recinto anterior se eleva automáticamente para lograr una corrección en el sentido de "avance" a los bajos regímenes de arranque en frío. Para lograrlo se actúa directamente sobre el control automático de presión del interior de la bomba a través de un canal en bypass situado en la válvula de mantenimiento de presión.

20.2.9. Construcción

El acelerador hidráulico de arranque en frío consta de dos válvulas. una de control y otra de mantenimiento de la presión, y de un elemento dilatable con calefacción eléctrica (Fig. 8.89).

20.2.10. Funcionamiento

La bomba de alimentación aspira el combustible del depósito y lo conduce al interior de la bomba rotativa de inyección. Desde aquí, el combustible, sometido a la presión interior, llega a la cara frontal del émbolo del variador de avance. Según la presión existente, el émbolo se desplaza en oposición a la fuerza del muelle antagonista. Su carrera define la corrección del instante de comienzo de la inyección. La presión en el interior de la bomba la determina una válvula de control de presión (1) que la hace subir a medida que aumenta el régimen y, por tanto, conforme aumenta el caudal de alimentación. Para conseguir la evolución de la presión para motor frío representada con líneas de trazos (en la figura 8.90), el émbolo de válvula (2) (Fig. 8.89) de la válvula de control de presión, lleva un orificio estrangulador (pos.3) a través del cual se consigue una mayor presión en el interior de la bomba mientras la válvula de mantenimiento de presión (5) intercalada detrás, está cerrada.

Una vez en marcha el motor, la válvula de mantenimiento de presión (5), se abre por medio del elemento dilatable con calefacción eléctrica (6), de forma que el combustible pueda circular sin presión.

Luego, el descenso del nivel de presión en el interior de la bomba se efectúa únicamente mediante la válvula de control de presión.

21. REGULACIÓN ELECTRÓNICA

21.1. Aplicación

Para conseguir un motor Diesel con más gases de escape menos contaminados, a la vez que un aumento de potencia, con menos consumo de combustible, es preciso que el sistema de inyección de combustible sea muy adecuado.

La regulación electrónica Diesel (EDC: Electric Diesel Control) cumple todas estas exigencias.

Posibilita la medición eléctrica, el proceso electrónico de datos flexible y los circuitos reguladores con actuadores eléctricos, ofreciendo por ello unas funciones de

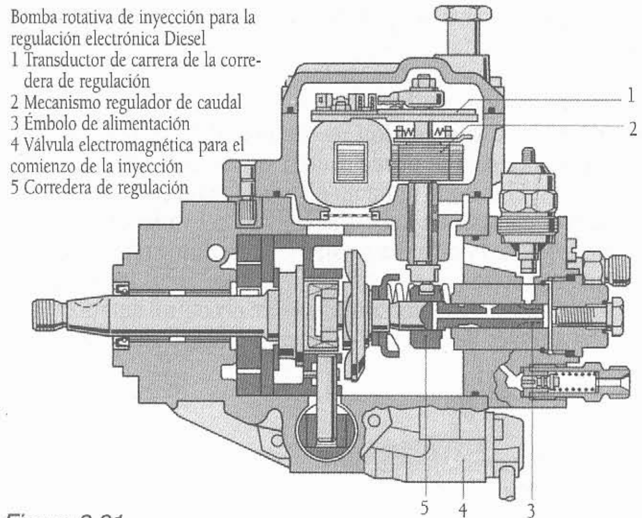


Figura 8.91.

regulación nuevas y mejoradas en comparación con los reguladores mecánicos convencionales. Tienen influencia sobre el comportamiento del servicio y la combustión en el motor Diesel:

- el caudal de inyección de combustible,
- el comienzo de la inyección,
- el caudal de retroalimentación de gases de escape (ARF),
- la presión de carga.

Para la optimización de un motor Diesel, estas magnitudes deben ajustarse óptimamente a cada estado servicio. Para alcanzarlo, la regulación electrónica de la inyección Diesel comprende circuitos reguladores automáticos para las magnitudes de influencia principales.

21.2. Bloques del sistema

La regulación electrónica está dividida en tres bloques:

1. Sensores para captar las condiciones de servicio. Convierten diferentes magnitudes físicas en señales eléctricas.
2. Unidad de mando con microprocesadores, que elabora las informaciones según determinados algoritmos de regulación y entrega señales eléctricas de salida.
3. Mecanismos reguladores que convierten en magnitudes mecánicas las señales eléctricas de salida de la unidad de mando.

21.3. Componentes

21.3.1. Sensores

La posición del pedal acelerador y la de la corredera de regulación de la bomba de inyección (5) figura 8.91, son captadas a través de un sensor-potenciométrico; el régimen de revoluciones y la posición del PMS, se captan a través de un sensor inductivo. Para la medición de presión y temperatura se utilizan sensores con alta exactitud de medición y constancia durante mi tiempo. Otro sensor capta el comienzo de la inyección, estando integrado directamente en el portainyector. Reproduce el momento de la inyección de combustible registrando el movimiento de la aguja.

21.3.2. Unidad de control

La unidad electrónica de control es de técnica digital. Los microprocesadores con circuitos integrados de adaptación de salida son el corazón del aparato.

Unidades de memoria y dispositivos para la transformación de las señales de los transductores en magnitudes arítméticas completan la estructura del circuito. La unidad de control está colocada en el habitáculo de los pasajeros para protegerla contra influencias externas. En la unidad de control hay memorizados diferentes campos característicos, que actúan en dependencia de diversos parámetros como

- carga,
- régimen de revoluciones,
- temperatura del agua de refrigeración
- caudal de aire.

La conexión de protección y el apantallamiento mecánico posibilitan una elevada protección EMV (tolerancia electromagnética) contra radiaciones pertubadoras exteriores.

21.3.3. Mecanismo electromagnético para la regulación del caudal de inyección

El servomecanismo giratorio (2) figura 8.91, actúa sobre la corredera de regulación (5) a través de un eje. El caudal de inyección puede modificarse constantemente entre cero y el valor máximo (p. ej. para el arranque en frío). A través del potenciómetro se comunica a la unidad de control el ángulo de giro y con ello la posición de la corredera de regulación, delerminándose el caudal de inyección conforme al régimen de revoluciones. En estado sin corriente, muelles de resposición existentes en el servomecanismo giratorio ajustan a "cero" el caudal de alimentación de combustible por razones de seguridad.

21.3.4. Válvula electromagnética para la regulación del comienzo de inyección

Igual que en un variador de avance mecánico, la presión interior de la bomba proporcional al número de revoluciones, actúa a través de una válvula electromagnética sobre los émbolos del variador de avance.

Esta presión se modula a través de la válvula electromagnética de impulsos (4) figura 8.91. La unidad de control actúa en la válvula electromagnética (4), ajustando los comienzos de inyección por medio del variador de avance.

Cuando la presión interior de la bomba disminuye la presión interior de la bomba porque sube el régimen, la válvula electromagnética se abre produciendo comienzos de inyección más "adelantados". Se puede variar de forma constante, el comienzo de inyección adaptándolo a la carga.

21.3.5. Válvula de retroalimentación de gases de escape (ARF)

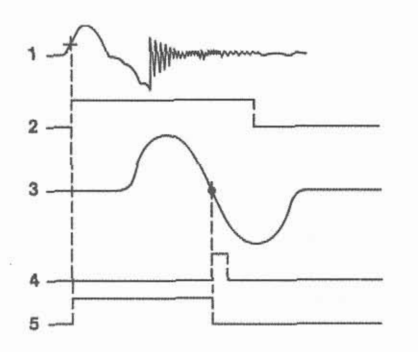
La válvula de retroalimentación de gases de escape situada en le circuito de gases de escape tiene la tarea de dejar libre la sección para el caudal de retroalimentación de gases de escape necesario momentáneamente en la admisión del cilindro. La unidad de control da una señal de conexión eléctrica para el control de un convertidor electroneumático, con el que se acciona la válvula.

21.4. Circuitos de regulación (Fig. 8.92)

21.4.1. Caudal de inyección del combustible

Sobre el arranque, el ralentí, la potencia y el comportamiento de marcha, así como la salida de humos infuye de forma decisiva el caudal de inyección de combustible. Correspondientemente son programados los campos característicos de caudal de arranque ralentí, plena carga, característica del pedal acelerador, de limitación de humos y caracte-

Señales de los sensores.
1 señal no procesada del detector de movimientos de la aguja (NBF), 2 señal derivada de NBF, 3 señal no procesada del transductor de recoluciones, 4 señal derivada del transductor de revoluciones, 5 señal evaluada del comienzo de inyección referida a una señal de referencia.



rística de la bomba. A través de un transductor del pedal acelerador, se fija previamente el par motor/régimen de revoluciones deseado por conductor.

En la unidad de control se determina, bajo observancia de los valores de campos característicos memorizados y los valores reales de los sensores, un valor decisivo para la posición del servomecanismo de imán giratorio (2) figura 8.91. Este servomecanismo con confirmador se preocupa del ajuste correcto de la corredera de regulación.

21.4.2. Comienzo de la inyección

El arranque, los ruidos, el consumo de combustible y la emisión son influidos decisivamente por el comienzo de la inyección.

Regulación electrónica para el sistema de inyección Diesel.

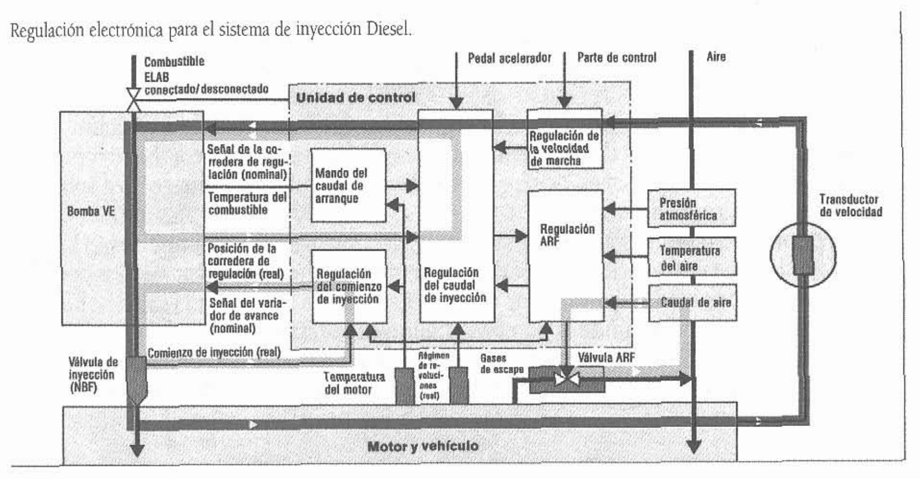


Figura 8.92.

Los campos característicos de comienzo de inyección programados observan estas dependencias. La elevada exactitud del comienzo de la inyección se garantiza con un circuito regulador. Para ello, un detector de movimientos de aguja (NBF) capta el comienzo exacto de la inyección en el inyector y lo compara con el inicio de inyección en bomba.

Una desviación tiene como consecuencia una modificación de la relación de impulsos de control para la válvula electromagnética (2) que actúa en el variador de avance. A través de esta válvula electromagnética de impulsos se modula la presión de ajuste en el émbolo del variador de avance (3). Con ello se asegura el mismo comportamiento dinámico que con el regulador mecánico del comienzo de la inyección. Cuando durante el arranque y en marcha con freno motor (cuando no tiene lugar inyección) sólo hay disponibles señales insuficientes de comienzo de la inyección o incluso éstas faltan totalmente, se desconecta el regulador y se conmuta a

un estado de servicio controlado. La relación de impulsos necesaria para el control de la válvula electromagnética se asume de un campo característico de mando programado.

21.4.3. Regulación de la velocidad de marcha

Una señal evaluada de la velocidad de marcha se compara con un valor nominal prefijado por el conductor a través de la parte de mando. A través de la regulación del caudal de inyección se ajusta el caudal necesario para la velocidad de marcha deseada. En la figura 8.92 se representa el esquema de funcionamiento y las interrelaciones.

21.4.4. Retroalimentación de gases de escape

La retroalimentación degases de escape (ARF) se instala para reducir las emisiones contaminantes. Para ello se toma un caudal parcial definido de los gases de escape del motor, y se mezcla con el aire de aspiración. El caudal de aire de aspiración del motor, determinado por una sonda volumétrica de aire (proporcional a

Supervisión de	Reacción en caso de avería	Testigo de advertencia	Emisión de diagnóstico
Campo de señal	Menor caudal de combustible		●
	Función de marcha de emergencia (escalonada)	●	●
Duración del programa (autotest)	Función de marcha de emergencia	●	●
Desviación de regulación restante	Parada del motor	●	●

Componentes de la regulación electrónica Diesel

Reacción de la unidad de control

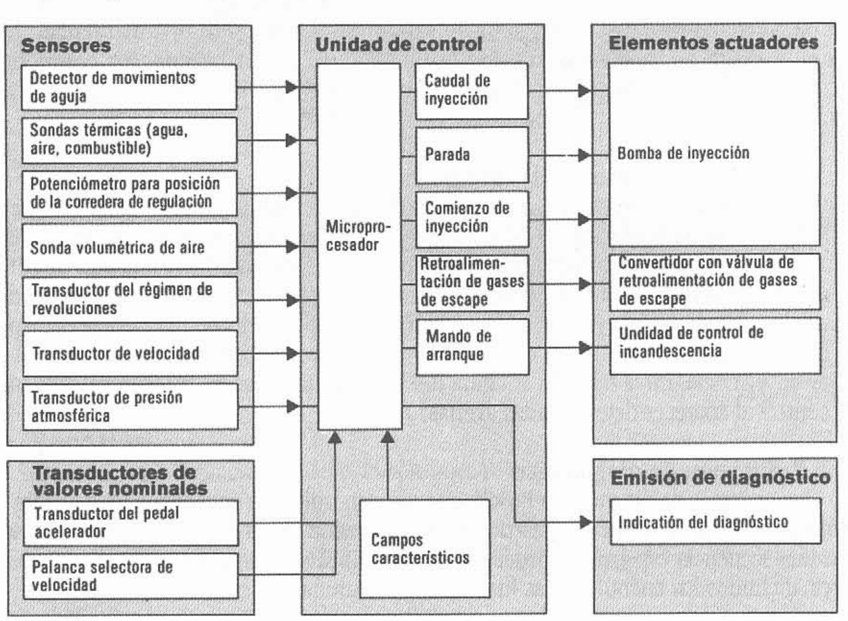


Figura 8.93.

Conjunto portainyector con detector de movimientos de aguja (NBF)
1 perno de ajuste 2 bobina de impulsos 3 perno de resión 4 cable 5 enchufe

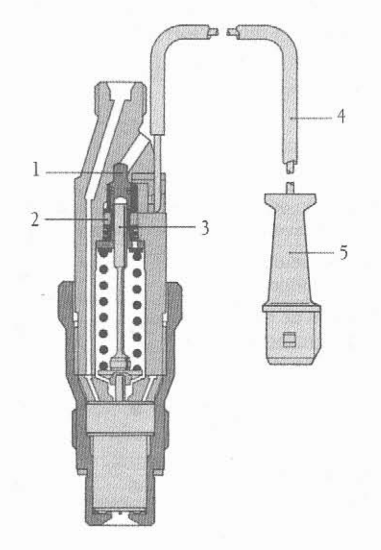


Figura 8.94.

la cuota ARF), es captado por la unidad de mando observando los restantes datos de inyección y del motor para cada punto de servicio y se compara con el valor programado del campo caracierístico ARF.
En caso de una desviación, la unidad de control acciona un convertidor electroneumático, que ajusta la válvula ARF para el caudal de retroalimentación de gases de escape necesario. Las ventajas de mezclar parte de gases quemados con los de admisión, son las mismas para el motor Diesel que las explicadas en el capítulo de la Inyección de gasolina; funcionamiento más "suave" y mejores resultados en cuanto a sustancias contaminantes de los gases de escape.

21.5. Medidas de seguridad. (Fig. 8.93)

21.5.1. Autosupervisión

El concepto de seguridad abarca una autosupervisión de sensores, servomecanismos y microprocesadores a través de la unidad de control, así como situaciones de funcionamiento de emergencia. El sistema de diagnóstico avisa al conductor en caso de perturbaciones en componentes mediante un testigo en el cuadro de instrumentos, y posibilita un análisis de averías detallado en el taller.

21.5.2. Funciones de marcha de emergencia

En el sistema hay integradas muchas y sofisticadas funciones de marcha de emergencia. Si falla, por ejemplo, el transductor del régimen de revoluciones, se determina una señal de régimen de revoluciones sustitutiva a partir del intervalo de las señales de comienzo de inyección procedentes del detector de movimientos de aguja, figura 8.94. Un dispositivo eléctrico de parada (ELAB) detiene el motor, si, por ejemplo, ha fallado el dispositivo regulador de caudal. Sólo en caso de fallo de sensores importantes se enciende el testigo de advertencia. En la tabla de la figura 8.93, están indicadas las reacciones de la unidad de control al aparecer determinadas averías.

21.5.3. Emisión de diagnóstico

Con aparatos de diagnóstico Bosch, que pueden utilizarse para todos los sistemas electrónicos Bosch para vehículos, es posible una emisión de diagnósticos. En combinación con una secuencia especial de prueba pueden verificarse sistemáticamente todos los sensores, incluidos los enchufes y las funciones de la unidad de control.



Componentes de la regulación electrónica Diesel.
1 unidad de control,
2 bomba rotativa de inyección,
3 sonda volumétrica de aire,
4 transductor del pedal acelerador,
5 sondas térmicas del aire y del agua de refrigeración,
6 transductor del régimen de revoluciones,
7 transductor de la presión atmosférica,
8 transductor de la presión de carga,
9 conjuntos portainyectores sin o con detector de movimientos de aguja.

Figura 8.95.

21.6. Ventajas

- Gracias a una adaptación flexible, el comportamiento del motor y el control de emisiones son óptimos.
- Clara separación de las funciones individuales: plena carga-caudales de inyección-desarrollo independientes de la característica del regulador y del diseño del sistema hidráulico.
- Proceso ampliado de magnitudes de influencia, que hasta ahora no podían represen-

tarse mecánicamente (p. ej. característica de caudal de inyección con corrección de temperatura, regulación del régimen de ralentí independiente de la carga).

- Elevada exactitud a lo largo de todo el tiempo de funcionamiento gracias a circuitos reguladores que reducen la influencia de tolerancias.
- Mejora del comportamiento de marcha. Mediante memorización de los campos característicos se establecen, independientemente de efectos hidráulicos, curvas características y parámetros de regulación ideales y se adaptan con precisión en una optimización de todo el sistema motor/vehículo. No se producen tirones durante la marcha ni sacudidas en ralentí.
- El acoplamiento con otros sistemas electrónicos de los vehículos abre posibil idades para hacer al automóvil del futuro más confortable, más económico más ecologico y seguro p. ej. mando de instalaciones de incandescencia o del cambio).
- Reducción importante de la necesidad de espacio para la bomba de inyección, ya que se suprimen grupos mecánicos de conexión de bomba. En la figura 8.95 se expresan los componentes de la regulación electrónica Diesel.

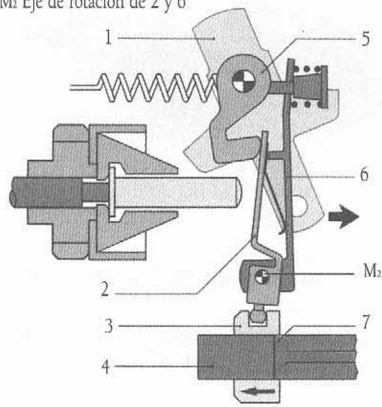
22. PARADA

La parada del motor Diesel se efectúa interrumpiendo la entrada de combustible.

Debido a su principio de funcionamiento (autoinformación), el motor Diesel sólo puede pararse cortando la alimentación del combustible. La bomba rolativa de inyección se puede equipar opcionalmente con un dispositivo de parada mecánico o eléctrico.

Dispositivo de parada mecánido

1 palanca de para exterior
2 Palanca de arranque
3 Corredera de regulación
4 Émbolo distribuidor
5 Palanca de mando interior
6 Palnaca de sujección
7 Orificio de control
M_2 Eje de rotación de 2 y 6



Dispositivo de parada eléctrico (electroimán de tracción)

1 Orificio de entrada
2 Émbolo distribuidor
3 Cabeza distribuidora
4 Electrónica de tracción o de empuje
5 Recinto de alta presión

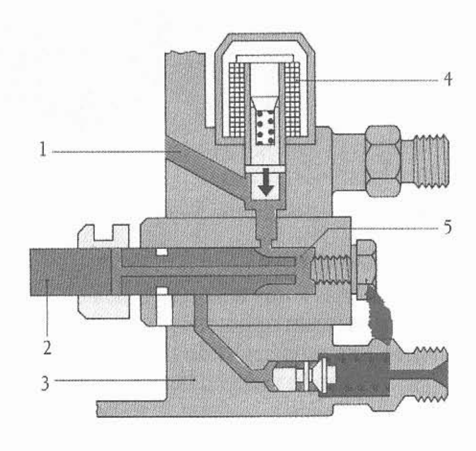


Figura 8.96.

22.1. Dispositivo de parada mecánico

El dispositivo de parada mecánico de la bomba rotativa de inyección trabaja mediante un conjunto de palancas, figura 8.96. Está dispuesto en la tapa del regulador y lleva dos palancas de parada; exterior (1) e interior (5). La palanca de parada exterior la acciona el conductor, por ejemplo mediante un cable, desde el habitáculo del vehículo. Al accionar el cable, ambas palancas giran alrededor de su eje de rotación, con lo que la palanca de parada interior hace presión contra la de arranque (2) del mecanismo regulador. La palanca de arranque gira asimismo alrededor de su eje M_2 y desplaza la corredera de regulación (3) a la posición de parada. El orificio de descarga del émbolo distribuidor (7) permanece abierto y este no puede seguir alimentando combustible.

22.2. Dispositivo de parada eléctrico (ELAB)

El dispositivo de parada elétrico, que se activa con la llave de contacto, tiene mayor aceptación porque ofrece al conductor una mayor comodidad de manejo.

La válvuta electromagnética de corte de alimentación de combustible va montada en la parte superior de la cabeza distribuidora de la bomba rotativa de inyección. Cuando está conectada, es decir, con el motor Diesel en marcha, el electroimán (4) mantiene abierto el orificio de entrada al recinto de alta presión (5) (atracción del inducido con válvula). Al quitar el contacto mediante el interruptor correspondiente, la bobina del electroimán queda sin corriente. El campo magnético se anula y el muelle presiona el inducido hacia abajo contra el asiento de válvuta, con lo que se obtura el orificio de llegada a la cámara de alta presión y el émbolo distribuidor deja de alimentar combustible. Existen diversas posibilidades de realizar el circuito eléctrico de corte (electroimán de tracción o de empuje).

Con la regulación electrónica de diesel se para el motor mediante el mecanismo posicionador de caudal (Procedimiento: caudal de inyección a cero). En este caso el ELAB (dispositivo de parada eléctrico) sirve únicamente para efectuar el desconexionado de seguridad en caso de fallo del mecanismo posicionador. En la figura 8.97 se ve la situación del ELAB (dispositivo de parada eléctrica).

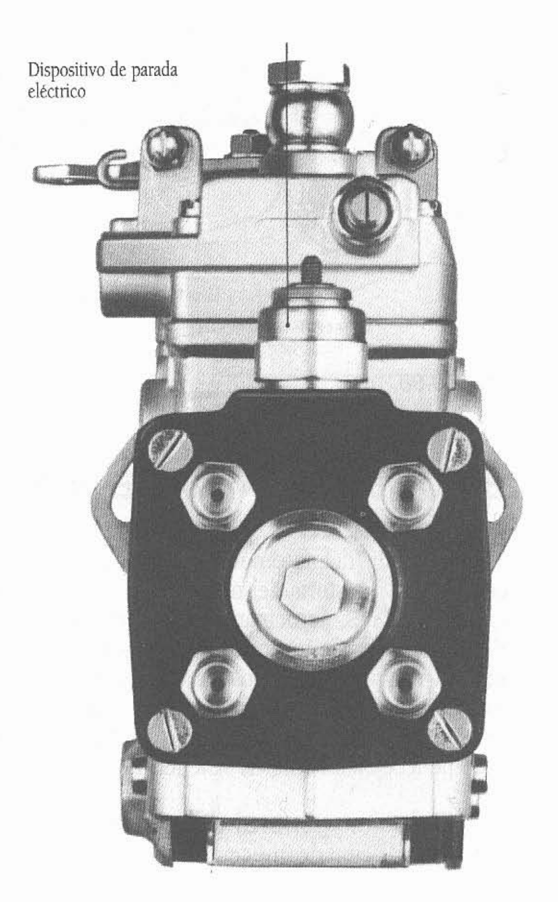


Figura 8.97.

Instalación de inyección diesel con bomba rotativa de inyección de émbolos radiales

1 Unidad de control del motor 2 Unidad de control del tiempo de incandescencia 3 Filtro de combustible 4 Medidor de masa de aire 5 Inyectores 6 Bujias de espiga incandescente 7 Bomba rotativa de inyección de émbolos radiales con unidad de control de bomba 8 Alternador 9 Sensor de temperatura del líquido refrigerante 10 Sensor de revoluciones del cigüeñal 11 Sensor del pedal acelerador

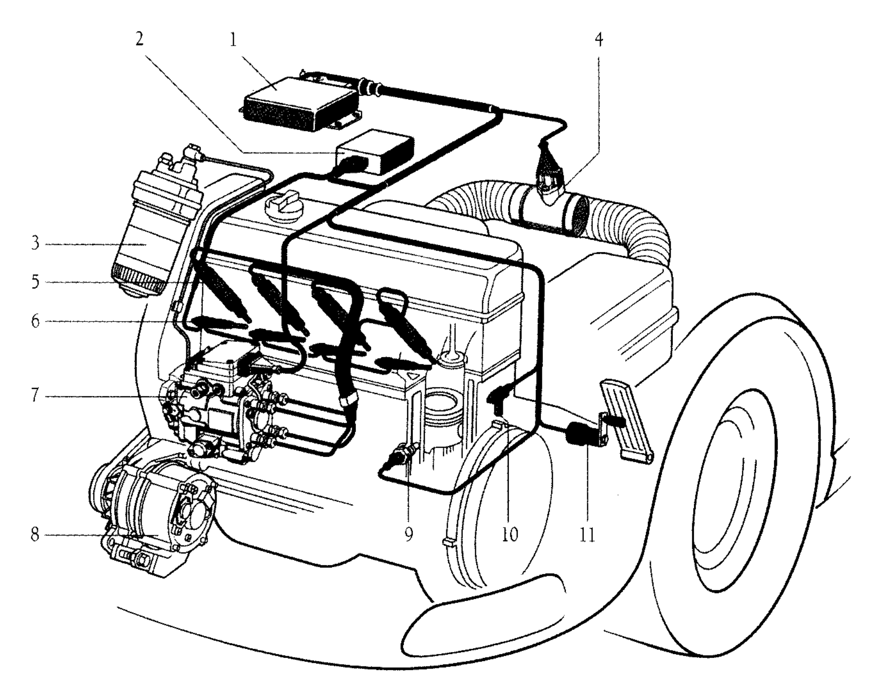


Figura 8.98.

23. BOMBA ROTATIVA DE INYECCION VR DE EMBOLOS RADIALES

En el sector del automóvil, los motores de inyección económicos y silenciosos, escriben una nueva historia del motor diesel: Las bombas de inyección Bosch en linea, rotativas e individuales, participan esencialmente en este desarrollo. Con un control electrónico (EDC), presiones de inyección cada vez mas altas y con una dosificación del combustible cada vez más exacta, es posible conseguir en los motores diesel, mayores prestaciones, menores emisiones de gases de escape y valores de consumo de combustible cada vez más reducidos. La bomba rotativa de inyección de émbolos radiales es, dentro de este contexto, un perfeccionamiento de sistemas que se han desarrollado durante años.

23.1. Relación general del sistema

Una instalación de inyección diesel con bomba rotativa de inyección de émbolos radiales VR tiene dos unidades de control para la regulación electrónica diesel: una "unidad de control del motor" y una "unidad de control de bomba". Esta división es necesaria para evi-

tar por una parte un sobrecalentamiento de determinados componentes electrónicos y, por otra parte, para suprimir la influencia de señales parásitas que pueden producirse debido a las intensidades de corriente parcialmente muy elevadas (de hasta 20 A) en la bomba de inyección.

Mientras que la unidad de control de bomba registra las señales de los sensores internos de la bomba respecto al *ángulo de rotación y temperatura del combustible*, y las evalúa para la adaptación del momento de inyección, la unidad de control del motor procesa sobre todo *datos del motor y del entorno* registrados por sensores externos, y calcula a partir de ellos las intervenciones de ajuste a realizar en el motor.

En particular, los sensores registran todos los detos de servicio necesarios como p. ej.
- la temperatura del aire aspirado, del líquido refrigerante y del combustible,
- el número de revoluciones del motor, - la presión de sobrealimentación,
- la posición del pedal acelerador,
- la velocidad de marcha, etc.

Los circuitos de entrada de las unidades de control preparan estos datos y los microprocesadores calculan a partir de ellos, con consideración del estado de servicio, las señales de actuación para un servicio de marcha óptimo.

El intercambio de datos entre la unidad de control del motor y la unidad de control de bomba se produce a través del sistema bus CAN.

La figura 8.98 muestra como ejemplo una instalación de inyección diesel con la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales en un metor diesel de cuatro cilindros, con diversos componentes.

Sistema de combustible en una instalación de inyección con bomba rotativa de inyección de émbolos radiales

1 Depósito de combustible 2 Bomba previa 3 Filtro de combustible 4 Bomba rotativa de inyección de émbolos radiales. 5 Tubería de impulsión (alta presión) 6 Combinación de portainyector 7 Unidad de control

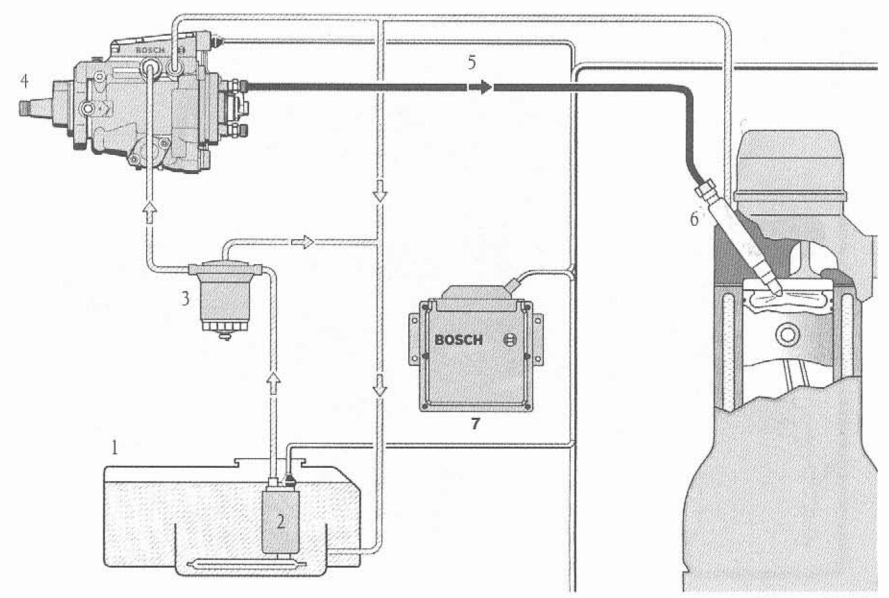


Figura 8.99.

23.1.1. Funciones básicas

Las funciones básicas controlan la inyección del combustible diesel en el momento correcto, en la cantidad correcta y con la mayor presión posible. Aseguran así un funcionamiento favorable del motor diesel en consumo, poco nocivo y silencioso.

23.1.2. Funciones adicionales

Funciones de control y regulación adicionales sirven para la reducción de las emisiones de escape y del consumo de combustible, o aumentan la seguridad y el confort. Ejemplos de ellas son:

- Retroalimentación de gases de escape,
- Regulación de la presión de sobrealimentación,
- Regulación de la velocidad de marcha,
- Inmovilizador electrónico,etc.

El sistema bus CAN hace posible el intercambio de datos con otros sistemas electrónicos del vehículo (p. ej. ABS, control electrónico del cambio). Un interface de diagnóstico permite la evaluación de los datos del sistema almacenados en memoria al realizar la revisión del vehículo.

23.2. Sistema de combustible

El sistema de combustible en una instalación de inyección con bomba rotativa de inyección de émbolos radiales (Fig. 8.99) se compone de una parte de *baja presión* para la

Componentes de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales

1 Bomba de alimentación de aletas con válvula reguladora de presión 2 Sensor del ángulo de rotación 3 Unidad de control de la bomba 4 Bomba de alta presión de émbolos radiales con eje distribuidor y válvula de salida (válvula de impulsión) 5 Variador de avance y electroválvula de variador de avance (válvula de impulsos) 6 Electroválvula de alta presión

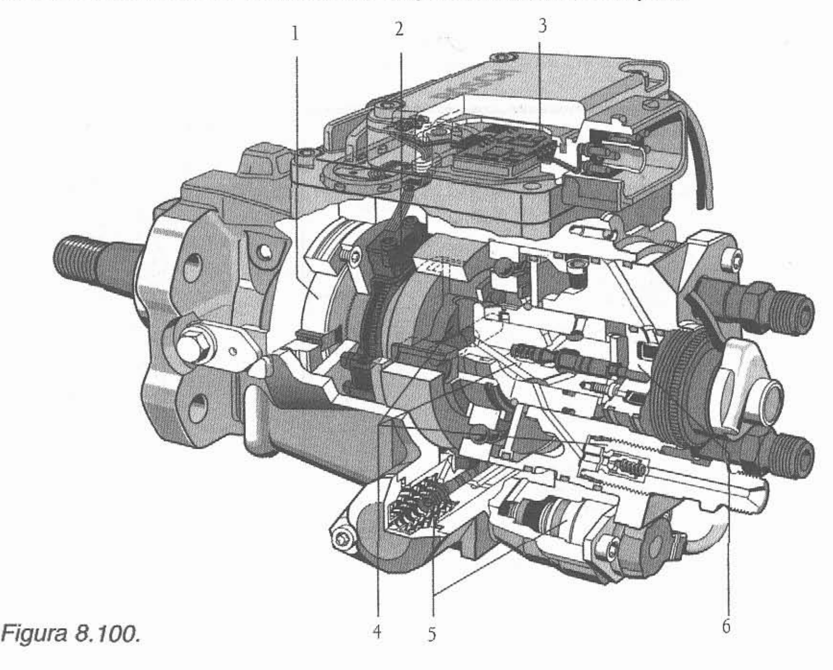


Figura 8.100.

alimentación del combustible, de la parte de *alta presión* para su alimentación a los inyectores, y de *unidad de control electrónica*, y de una unidad de *control electrónica*.

23.2.1. Alimentación de baja presión

La parte de baja presión para la alimentación de combustible, la forman:

- Depósito de combustible,
- Tuberías de combustible de baja presión,
- Filtro de combustible y
- Componentes de la bomba de inyección.

23.2.2. Depósito de combustible

Los depósitos de combustible tienen que ser resistentes a la corrosión y continuar siendo estancos a una sobrepresión doble de servicio, pero por lo menos hasta 0,3 bar de sobrepresión. La posible sobrepresión producida debe poder escapar por si misma, a través de aberturas apropiadas, válvulas de seguridad o similares. El combustible no debe salirse de la boca de llenado o de los dispositivos de compensación de presión incluso en posición inclinada, circulando por curvas o al producirse impactos. Los depósitos de combustible deben estar separados del motor de tal forma que no sea de esperar una inflamación incluso en caso de accidente.

Parte de baja presión de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales

Para mejorar la representación se ha girado la posición de ios diversos componentes. 1 Bomba de alimentación de aletas (girada 90 grados) 2 Válvula reguladora de presión 3 Válvula de estrangulador de rebose

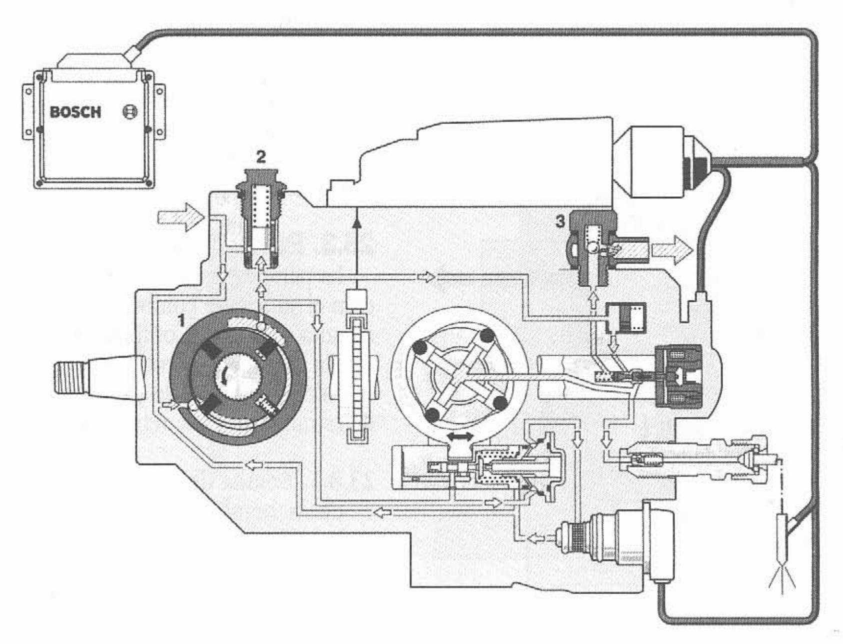


Figura 8.101.

Para vehículos con cabina del conductor abierta en máquinas tractoras y para autobuses de gran potencia, rigen además determinaciones especiales respecto a la altura de montaje y el apantallado del depósito de combustible.

23.2.3. Tuberías de combustible en la parte de baja presión

Para la parte de baja presión pueden emplearse, además de *tubos de acero*, también tuberías flexibles con *armado de tejido de acero*, que sean difícilmente inflamables. Las tuberías deben estar dispuestas de forma que se impidan los daños mecánicos y que el combustible que gotea o se evapora no pueda acumularse ni inflamarse. Las tuberías de combustible no deben quedar afectadas en su función en caso de deformaciones del vehículo, movimiento del motor o similares. Todas las piezas que conducen combustible deben estar protegidas contra el calor perjudicial para su servicio. En los autobuses, las tuberías de combustible no deben pasar por el habitáculo de pasajeros o del conductor, y el combustible no debe ser transportado por gravedad.

23.2.4. Filtro de combustible

Un filtrado insuficiente puede conducir a daños en los componentes de la bomba, válvulas de presión e inyectores.

El filtro de combustible limpia el combustible delante de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales e impide asi el desgaste prematuro de las piezas sensibles.

23.2.5. Componentes de baja presión de la bomba de inyección

La bomba rotativa VR de émbolos radiales figuras 8.100 se compone:

- Bomba de alimentación de aletas con válvula reguladora de presión válvula de estrangulador de rebose.
- Bomba de alta presión de émbolos radiales.
- Electroválvula de alta presión.
- Variador de avance con electroválvula.
- Sensor de ángulo de rotación.
- Unidad de control bomba.

Bomba de alimentación de aletas

1 Eje de accionamiento 2 Rotor de aletas 3 Anillo de recepción excéntrico 4 Entrada (riñón de aspiración) 5 Aleta 6 Celda 7 Salida (riñón de impulsión)

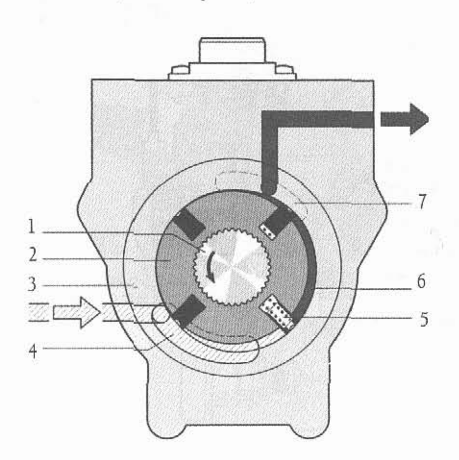


Figura 8.103.

23.3. Parte de baja presión

La parte de baja presión pone a disposición el suficiente combustible para la parte de alta presión. Componentes esenciales son la bomba de alimentación de aletas, la válvula reguladora de presión y la válvula de estrangulador de rebose (Fig. 8.101).

23.3.1. Bomba de alimentación de aletas

En la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales va montada la bomba de alimentación de aletas en torno al eje de accionamiento (Fig. 8.102. Entre la pared interior del cuerpo de la bomba y un anillo de apoyo que sirve de cierre, está alojado el

anillo de recepción excéntrico (3) con superficie perfilada de rodadura interior. En la pared interior del cuerpo de la bomba, están previstas dos escotaduras que permiten la entrada (4) en la bomba y la salida (7) de la bomba. Debido a su forma se denominan también "riñón de aspiración" o "riñón de impulsión". En el interior del anillo de recepción se mueve el rotor de aletas (2), que es propulsado por un dentado en el eje de accionamiento (1). En las ranuras guía del rotor se conducen las aletas, que cargadas por la fuerza de un muelle y por la actuación de la fuerza centrifuga son presionadas hacia el exterior contra el anillo de recepción. El recinto designado como "celda", está formado por los siguientes elementos (Fig. 8.103):

- Pared interior del cuerpo, - Anillo de apoyo,
- Superficie perfilada de rodadura interior, del anillo de recepción,
- Superficie exterior del rotor de aletas y - Dos aletas contiguas.

El combustible que llega a través del taladro de entrada en el cuerpo de la bomba y por comunicaciones internas hasta el riñón de aspiración en la celda, es transportado por el giro del rotor de aletas en dirección al riñón de impulsión. El volumen de la celda se reduce durante el giro, debido a la superficie perfilada de rodadura interior del anillo de recepción excéntrico, y se comprime el combustible. La reducción del volumen hace que aumente fuertemente la presión de combustible hasta la salida al riñón de impulsión. Desde el riñón de impulsión se abastecen con combustible "a presión" los diversos grupos constructivos, a través de comunicaciones internas en el cuerpo de la bomba. También llega a la válvula reguladora de presión a través de una de estas comunicaciones.

El nivel de presión necesario de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales es relativamente alto en comparación con otras bombas rotativas de inyección. Debido a esta elevada presión, las aletas (5) presentan un taladro en el centro de su cara frontal, de forma

Válvula reguladora de presión

1 Cuerpo de válvula 2 Muelle de compresión 3 Embolo de válvula 4 Taladro (dispuesto radialmente) 5 Desde el riñen de impulsión 6 Hacia el riñón de aspiración

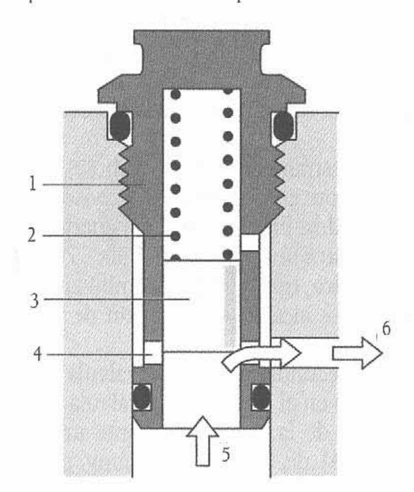


Figura 8.103.

Válvula de estrangulador de rebose

1 Cuerpo e la válvula
2 Muelle de compresión
3 Válvula de bola
4 Taladro estrangulador
5 Hacia el rebose

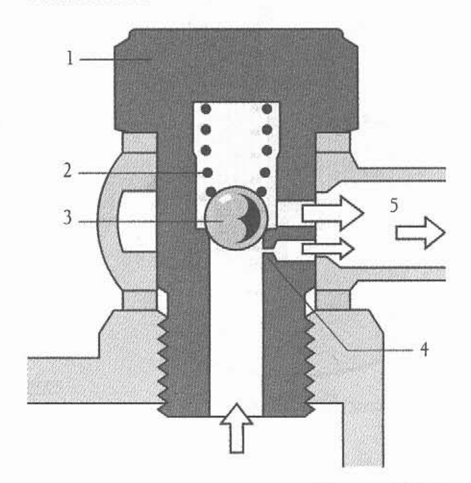


Figura 8.104.

tal que sólo se desliza sobre el perfil del anillo de recepción una de las artistas del lado frontal. De esta forma se evita que toda la cara frontal de la aleta esté sometida a presión, lo que tendría como consecuencia un movimiento radial no deseado. Al cambiar de una arista a la otra (p. ej. de entrada a salida) puede propagarse la presión que actúa sobre la cara frontal de la aleta, a través del taladro, hacia el otro lado de la aleta. Las fuerzas de presión opuestas que actúan se compensan en gran parte, y las aletas están en contacto sobre la superficie de rodadura interior del anillo de recepción, como se ha descrito anteriormente, por efecto de las fuerzas centrífugas y elásticas.

23.3.2. Válvula reguladora de presión

La presión de combustible generada por la bomba de alimentación de aletas en el riñón de impulsión, depende de la velocidad de rotación de la bomba. Para que esta presión no sea excesiva a elevadas velocidades de rotación, se ha dispuesto una válvula reguladora de presión (válvula de compuerta sometida a fuerza elástica, Fig. 8.103) en la proximidad inmediata a la bomba de alimentación de aletas, estando unida por un taladro con el riñón de impulsión (5). Esta válvula modifica la presión de suministro de la bomba de alimentación de aletas, en función del caudal de combustible transportado.

Si la presión del combustible sobrepasa un determinado valor, la arista frontal del émbolo de válvula (3) abre unos taladros dispuestos radialmente (4), a través de los cuales puede retornar el combustible, por un canal, al riñón de aspiración de la bomba de alimentación de aletas. Si la presión de combustible es demasiado baja, permanecen cerrados los taladros dispuestos radialmente, debido a la fuerza elástica. La tensión previa ajustable del muelle de compresión determina la presión de apertura.

Filtro de combustible

1 Tapa del filtro 2 Entrada de combustible 3 Cartucho filtrante de papel 4 Cuerpo 5 Recinto de acumulación de agua 6 Tornillo de salida de agua 7 Salida de combustible

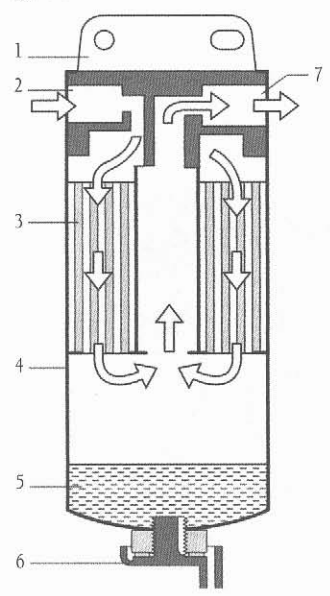


Figura 8.105.

23.3.3. Válvula estranguladora de rebose. Figura 8.104

Para la refrigeración y ventilación de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales, retorna el combustible al depósito, a través de la válvula estranguladora de robose atornillada al cuerpo de la bomba.

La válvula estranguladora de rebose está en comunicación con el elemento de rebose (5) del cuerpo distribuidor. En el interior del cuerpo distribuidorse encuentra una válvula de bola (3) sometida a fuerza elástica, que deja salir combustible de la bomba cuando se alcanza una presión de apertura preajustada.

En el flujo secundario hacia la válvula de bola existe un taladro en el cuerpo de la válvula que está unido al robose de la bomba mediante un taladro estrangulador (4) de un diámetro muy pequeño. Este retorno calibrado facilita una purga de aire automática de la bomba. El circuito completo de

Parte de alta presión de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales

Para mejorar la representación se han girado en su posición ios diversos componentes. 1 Unidad de control 2 Bomba de alta presión de énnbolos radiales (girada 90 grados) 3 Cuerpo distribuidor 4 Electroválvula de alta presión 5 Empalme para conducto de impuisión

Figura 8.106.

Disposición de los émbolos de suministro en la bomba de alta presión de émbolos radiales (ejemplos)

a Para 4 y 6 cilindros b Para 6 cilindros c Para 4 cilindros. 1 Anillo de levas 2 Rodillos 3 Ranura guia del eje de accionamiento 4 Soportes de los rodillos 5 Embolo de suministro 6 Eje distribuidor 7 Volumen de alta presión

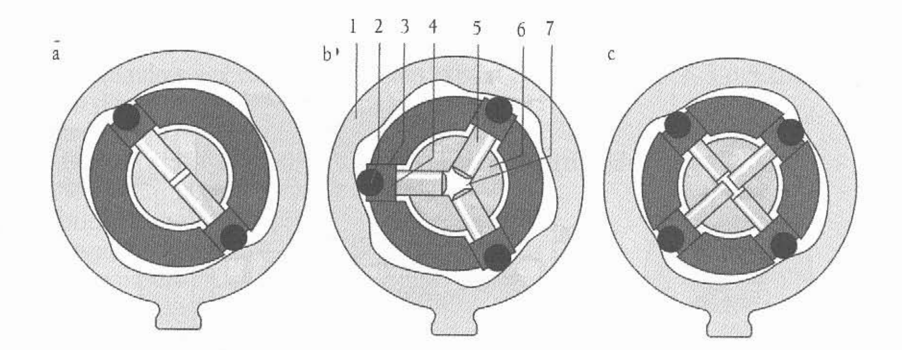


Figura 8.107.

baja presión de la bomba está adaptado de tal forma que, a través del rebose de la bomba, retorna al depósito de combustible un caudal de combustible definido.

23.3.4. Filtro de combustible

La aplicación de un filtro de combustible adaptado especialmente a las exigencias de la instalación de inyección es condición previa para un funcionamiento sin anomalias, puesto que las impurezas en el combustible pueden conducir a daños en los componentes de la bomba, válvulas de impulsión e inyectores.

El combustible puede contener agua en forma ligada (emulsión) o no ligada (p. ej. formación de agua de condensación debido a cambio de temperatura). Si este agua penetra en el sistema de inyección, pueden producirse daños debidos a corrosión.

Cuerpo distribuidor

a Fase de llenadoo b Fase de alimentación 1 Émbolo de suministro 2 Eje distribuidor 3 Casquillo de control 4 Aguja de válvula 5 Retorno de combustible 6 Brida 7 Electroválvula de alta presión 8 Volumen de alta presión 9Canal anular 10 Membrana de acumulador 11 Cámara de membrana 12 Entrada de baja presión 13 Ranura de distribución 14 Salida de alta presión 15 Válvula con estrangulador de retorno 16 Conexión de tubería de impulsión

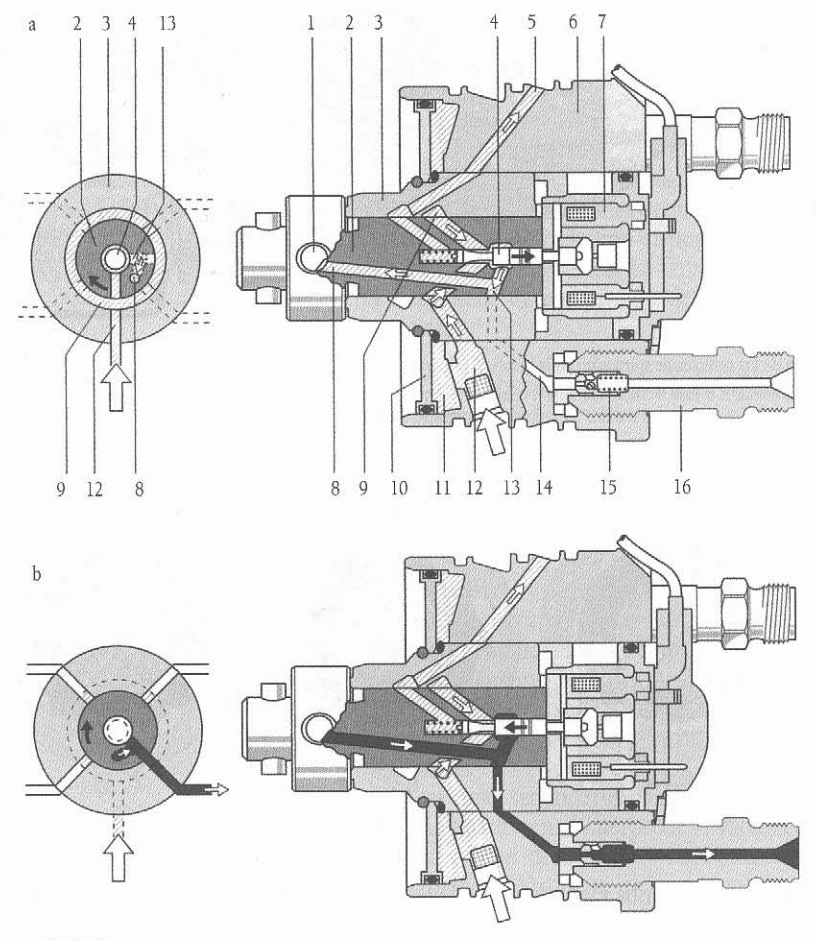


Figura 8.108.

El sistema de inyección con bomba rotativa de inyección de émbolos radiales precisa por lo tanto, igual que otros sistemas de inyección, un filtro de combustible con un cartucho filtrante de papel y un recinto de acumulación de agua (Fig. 8.97), que pueda vaciarse en los correspondientes intervalos, abriendo un tornillo de salida de agua.

23.4. Parte de alta presión

En la parte de alta presión (Fig. 8.106) tiene lugar, además de la generación de alta presión, también la distribución y dosificación de combustible con el control del comienzo de alimentación, siendo preciso para ello únicamente un elemento actuador (electroválvula de alta presión).

23.4.1. Generación de alta presión con la bomba de alta presión de émbolos radiales

La bomba de alta presión de émbolos radiales genera la presión necesaria para la inyección (aprox. 1000 bar por el lado de la bomba). La bomba es propulsada por el eje de accionamiento y consta de (Fig. 8.107):

- el disco de arrastre
- los soportes de los rodillos (4) con los rodillos (2),
- el anillo de levas (1),
- el émboio de suministro (5) y
- la parte delantera (cabezal) del eje distribuidor (6).

El movimiento giratorio del eje de accionamiento es transmitido mediante un disco de arrastre directamente al eje distribuidor, ya que el disco de arrastre engrana en las ranuras guía dispuestas radialmente en el extremo del eje de accionamiento. Las ranuras guía (3) sirven simultáneamente para la recepción de los soportes de los rodillos (4), que recorren conjuntamente con los rodillos (2) alojados allí, la pista de leva interior del anillo de levas (1) dispuesto alrededor del eje de accionamiento. La pista de leva interior presenta elevaciones de leva que están adaptadas en cuanto a su número, al número de cilindros del motor. En la cabeza del eje distribuidor son conducidos radialmente los émbolos de suministro (de aquí proviene la designación "bomba de alta presión de émbolos radiales"). Los émbolos de suministro apoyan sobre los soportes de los rodillos y se mueven así en correspondencia con el perfil de la pista de leva. Los émbolos son comprimidos por la elevación de leva ycomprimen así el combustible en el volumen central de alta presión (7). Según el número de cilindros y el caso de aplicación existen ejecuciones con 2, 3 ó 4 émbolos de suministro (Fig. 8.107, a, b y c).

23.4.2. Distribución del combustible en el cuerpo distribuidor

El cuerpo distribuidor consta de (Fig. 8.108):

- la brida (6),
- el casquillo de control (3) contraído sobre la brida
- la parte trasera del eje distribuidor (2) conducido en el casquillo de control,
- la aguja de válvula (4) de la electroválvula de alta presión (7),
- la membrana del acumulador (10) y
- la conexión de la tubería de impulsión (16) con la válvula con estrangulador de retorno (15).

En la fase de llenado (Fig. 8.108 a) durante el recorrido del perfil descendente de la leva, se presionan hacia fuera los émbolos de suministro (1) estando abierta la aguja de válvula (4). A través de la entrada de baja presión (12), el canal anular (9) y la aguja de vál-

vula (4), fluye combustible desde la bomba de alimentación al cuerpo distribuidor y llena el volumen de alta presión (8).

El combustible excedente sale por el retorno de combustible (5). En la fase de alimentación (Fig. 9 b) son presionados hacia dentro por las levas los émbolos de suministro (1), estando cerrada la aquja de válvula. De esta forma se comprime el combustible que se encuentra ahora en el volumen de alta presión (8) cerrado. A través de la ranura de distribución (13), que debido al movimiento de giro del eje distribuidor (2) queda unida con la salida de alta presión (14), llega el combustible que se encuentra bajo presión, a través de la conexión del tubo de impulsión (16) con válvula provista de estrangulador de retorno (15), la tubería de impulsión y el portainyector, al inyector, el cual lo inyecta en la cámara de combustión del motor.

23.4.3. Dosificación de combustible con electroválvula de alta presión

La electroválvula de alta presión (Fig. 8.108, posición 7) con válvula de aguja (4), cierra mediante un impulso de mando de la unidad de control de bomba, en el punto muerto inferior de la leva.

El momento de cierre de la válvula determina el comienzo de suministro de la bomba de inyección. Mediante un reconocimiento electrónico del momento de cierre recibe la unidad de control de bomba una información exacta sobre el comienzo de suministro. La dosificación de combustible tiene lugar entre el comienzo de suministro y el final de la activación de la electroválvula de alta presión, y se denomina "duración de alimentación". La duración de cierre de la electroválvula de alta presión determina así el caudal de inyección. Con la apertura de la electroválvula de alta presión queda concluída la alimentación de alta presión. El combustible excedente que todavía es transportado hasta el punto muerto superior de la leva, llega por descarga al recinto de membrana. Las altas puntas de presión que se producen entonces en el lado de baja presión, son amortiguadas por la membrana del acumulador. Además, la cantidad de combustible acumulada en el recinto de membrana favorece el proceso de llenado para la siguiente inyección.

Válvula con estrangulador de retorno (integrada en la conexión de la tubería)

1 Asiento de válvula
2 Estrangulador
3 Cono de válvula
4 Muelle de válvula
5 Conexión de la tubería de impulsión

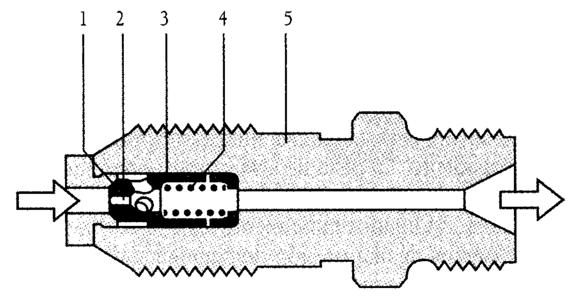


Figura 8.109.

Para la parada del motor se interrumpe totalmente la alimentación de alta presión con la electroválvula de alta presión. Por este motivo no existe una válvula de parada adicional como en el caso de la bomba rotativa de inyección VE.

23.4.4. Amortiguación de las ondas de presión con la válvula provista de estrangulador de retorno

La válvula con estrangulador de retorno (Fig. 8.109) impide que las ondas de presión generadas al final del proceso de inyección, o sus reflexiones, conduzcan a una nueva aper-

Variación del avance en la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales

Para mejorar la representación se han girado en su posición diversos componentes. 1 Unidad de control del motor 2 Unidad de control de bomba 3 Bomba de alimentación de aletas (girada 90 grados) 4 Sensor del ángulo de rotación 5 Anillo de levas (girado 90 grados) 6 Electroválvula de alta presión 7 Variador de avance (girado 90 grados) 8 Electrcválvula del variador de avance

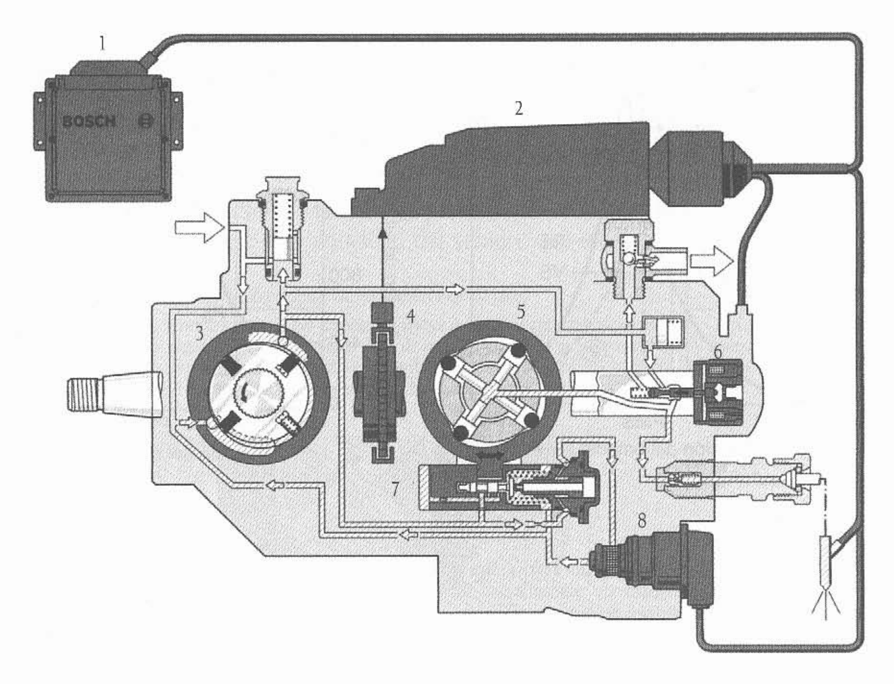


Figura 8.110.

tura de la aguja de inyector (postinyecciones). Las postinyecciones tienen repercusiones negativas sobre las materias nocivas en los gases de escape.

Con el comienzo de la alimentación se levanta el cono de válvula (3) debido a la presión del combustible. El combustible es transportado ahora a través de la conexión del tubo de impulsión (5) y la tubería de presión hacia el inyector. Al concluir la alimentación cae repentinamente la presión de combustible y el muelle de válvula (4) presiona el cono de válvula contra el asiento de válvula (1).

Las ondas de presión reflejadas que se producen al cerrar el inyector, se eliminan mediante un estrangulador (2) hasta el punto de que no puedan producirse reflexiones nocivas de ondas de presión.

24. VARIACIÓN DEL AVANCE

24.1. Función

Con un comienzo de inyección constante y régimen de revoluciones del motor creciente, aumenta el ángulo del cigüeñal entre el comienzo de inyección y el comienzo de la

Evolución de un cicio de trabajo a plena carga y régimen elevado (representación sin escala).

FB Comienzo de alimentación SB Comienzo de inyección SV Retraso de inyección VB Comienzo de combustión ZV Retraso de inflamación SE Fin de inyección VE Fin de combustión. Presión de combustión (Presión de compresión PMI Punto muerto inferior PMS Punto muerto superior.

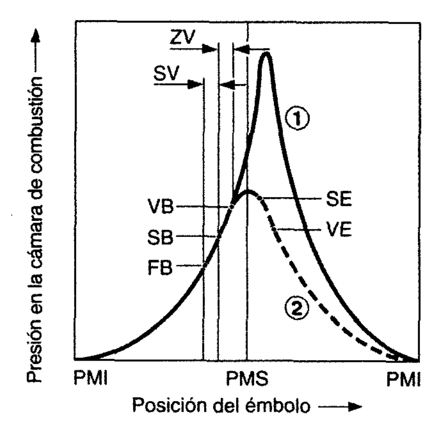


Figura 8.111.

Evolución de la presión de tubería PD por el lado del inyector a plena carga y régimen elevado.

FB Comienzo de alimentación SB Comienzo de inyección SE Fin de inyección PMS Punto muerto superior p_0 Presión de apertura de inyector.

Figura 8.112.

Evolución de la carrera de aguja del inyector a plena carga y régirnen elevado FB Comienzo de alimentación SB Comienzo de inyección SV Retraso de inyección SE Fin de inyección PMS Punto muerto superior

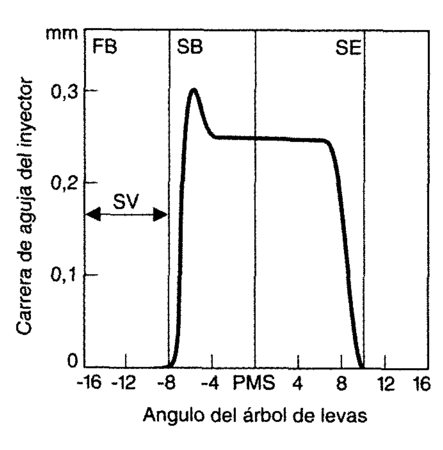


Figura 8.113.

combustión, de manera que dicha combustión ya no puede producirse en el momento correcto (referido a la posición de los pistones del motor).

La combustión más favorable y el mejor rendimiento de un motor diesel sólo se alcanzan, sin embargo, en una determinada posición del cigüeñal o de los pistones. La variación del avance compuesta por el sensor del ángulo de rotación, el variador de avance y la electroválvula del variador de avance, tiene la misión de avanzar el comienzo de suministro en la bomba de inyección, con respecto a la posición del cigüeñal del motor, cuando éste aumenta las revoluciones. Este dispositivo adapta óptimamente el momento de inyección al estado de servicio del motor, compensando el desfase de tiempo condicionado por el retardo de la inyección y de encendido. (Fig. 8.110). Las figuras 8.111 hasta 8.113 muestran el ejemplo de un ciclo de trabajo:

El comienzo de suministro (FB) está después del momento de cierre de la electroválvula de alta presión. En la tubería de combustible de alta presión se forma una presión ele-

vada del combustible. Esta presión de tubería PD por el lado del inyector (Fig. 8.112) abre la aguja del inyector al alcanzarse la presión de apertura de inyector y da lugar al comienzo de inyección (SB). El tiempo entre el comienzo de suministro y el comienzo de inyección se denomina retraso de inyección (SV). Si continúa aumentando la presión en la cámara de combustión del motor (Fig. 8.111), comienza a producirse la combustión (VB). El intervalo temporal entre el comienzo de inyección y la combustión es el retraso de inflamación (ZV).

Si la electroválvula de alta presión abre otra vez, desaparece la alta presión de combustible (final de suministro); la aguja del inyector se cierra (fin de inyección, SE).

Le sigue ahora el fin de la combustión (VE). En el proceso de alimentación de la bomba de inyección, se abre el inyector mediante una onda de presión que se propaga a la velocidad del sonido en la tubería de combustible de alta presión.

El tiempo de propagación de la onda de presión queda determinado por la longitud de la tubería de inyección y por la velocidad del sonido, que en el combustible diesel es de

Variador de avance con electroválvula. Representación esquemática en un plano

1 Anillo de levas 2 Espiga esférica 3 Embolo del variador de avance 4 Canal de entrada/canal de salida 5 Corredera de regulación 6 Bomba de alimentación de aletas 7 Salida de la bomba (lado de presión) 8 Entrada de la bomba (lado de aspiración)
9 Entrada del depósito de combustible 10 Muelle del émbolo de mando 11 Muelle de reposición 12 Embolo de mando 13 Recinto anular del tope hidráulico 14 Estrangulador 15 Electroválvula del variador de avance

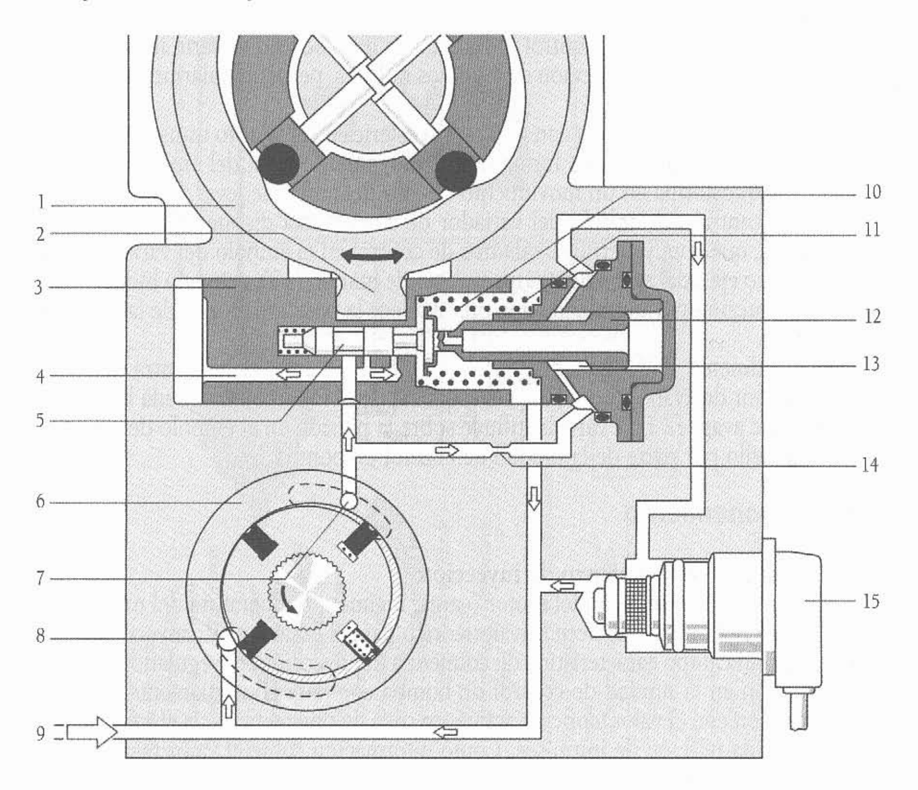


Figura 8.114.

aprox.1500 m/s. El tiempo de propagación es el intervalo entre el comienzo de alimentación y el comienzo de inyección y se designa por tanto también como retraso de inyección (SV).

El retraso de inyección es esencialmente independiente del régimen de revoluciones, aunque el ángulo del cigüeñal entre el comienzo de alimentación y el comienzo de inyección, aumenta con un número de revoluciones creciente. Debido a ello se abre también más tarde el inyector (en relación con la posición del pistón en el motor). Después del momento de inyección, el combustible diesel necesita un tiempo determinado para pasar al estado gaseoso y formar con el aire una mezcla inflamable.

El intervalo temporal necesario para ello entre el comienzo de inyección y el comienzo de combustión es independiente del número de revoluciones del motor y se denomina en el motor diesel retraso de inflamación.

El retraso de inflamación está influido por las siguientes magnitudes:

- la tendencia a la inflamación del combustible diesel (indicada con el indice de cetanos),
- la relación de compresión,
- la temperatura del aire y
- la pulverización del combustible.

Por regla general, la duración del retraso de inflamación es de aprox. un milisegundo.

24.2. Construcción

El variador de avance por control hidráulico va montado en la parte inferior del cuerpo de la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales, perpendicularmente a su eje longitudinal (Fig. 8.114).

El anillo de levas (1) engrana con una espiga esférica en el taladro transversal del émbolo del variador de avance (3), de forma que el movimiento axial del émbolo del variador de avance, se transforma en un movimiento de giro del anillo de levas.

En el eje central del émbolo del variador de avance está dispuesta una corredera de regulación (5), que abre y cierra los taladros de control en el émbolo del variador de avance. En el mismo eje axial se encuentra un émbolo de mando (12), activado hidráulicamente y sometido a presión por un muelle, que preestablece la posición teórica de la corredera de regulación.

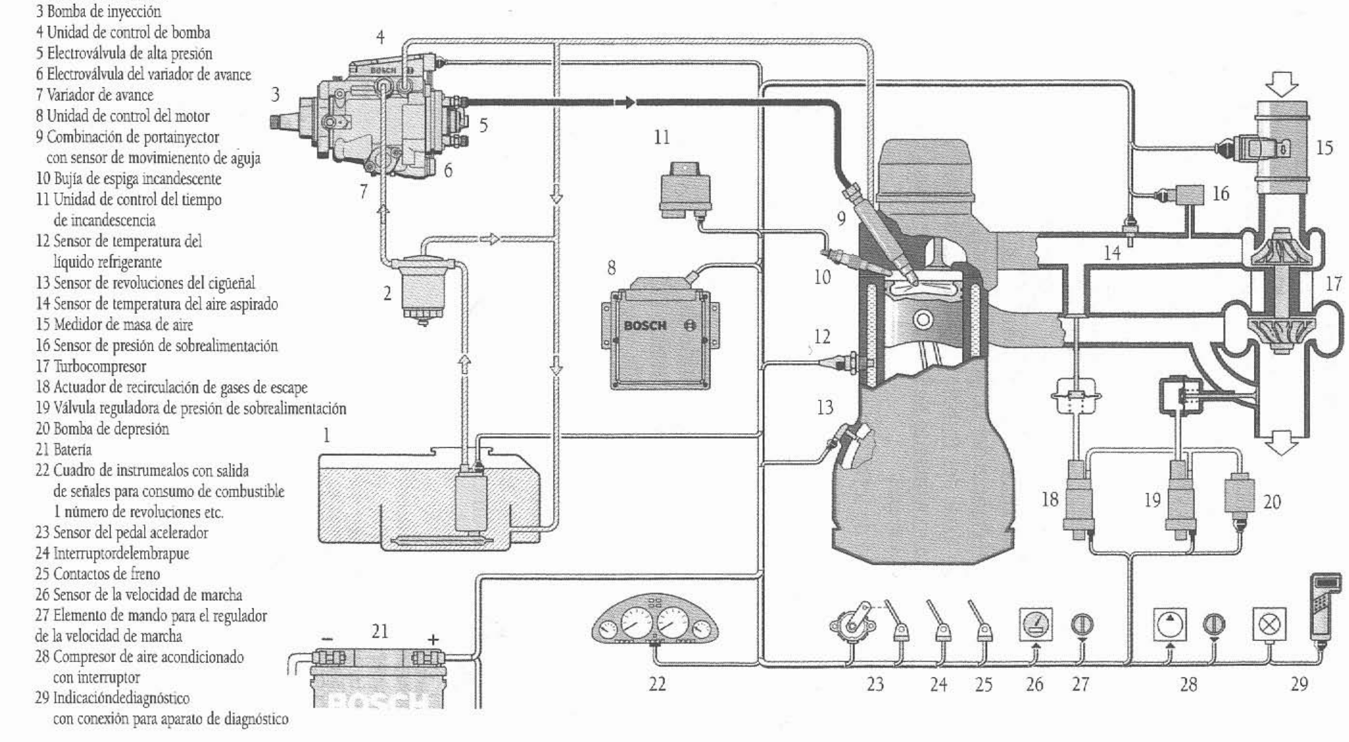
Transversalmente al eje del émbolo del variador de avance se encuentra la electroválvula del variador de avance (pos. 15 en el esquema de la Fig. 8.114 y girada hasta el plano del variador de avance). Esta válvula influye sobre la presión en el émbolo de mando, si es activada para ello por parte de la unidad de control de bomba.

24.3. Funcionamiento

24.3.1.Regulación del comienzo de inyección

Según el estado de servicio del motor (carga, régimen, temperatura del motor), la unidad de control del motor establece unvalorteórico para el comienzo de inyección, que está contenido en un campo característico de comienzo de inyección. El regulador del comienzo de inyección en la unidad de control de bomba compara continuamente el comienzo real de inyección con el valor teórico y activa, en caso de divergencias, la electroválvula con una determinada relación de impulsos. Como información sobre el valor real del comienzo de inyección se dispone de la señal de un sensor de ángulo de rotación o, alternativamente, de la señal de un sensor de movimiento de aguja en el portainyector.

Relación general del sistema de una instalación de inyección con bomba rotativa de inyección VR de émbolos radiales y diversos componentes del sistema



1 Depósito de combustible
2 Filtro de combustible
3 Bomba de inyección
4 Unidad de control de bomba
5 Electroválvula de alta presión
6 Electroválvula del variador de avance
7 Variador de avance
8 Unidad de control del motor
9 Combinación de portainyector
con sensor de movimienento de aguja
10 Bujía de espiga incandescente
11 Unidad de control del tiempo
de incandescencia
12 Sensor de temperatura del
líquido refrigerante
13 Sensor de revoluciones del cigüeñal
14 Sensor de temperatura del aire aspirado
15 Medidor de masa de aire
16 Sensor de presión de sobrealimentación
17 Turbocompresor
18 Actuador de recirculación de gases de escape
19 Válvula reguladora de presión de sobrealimentación
20 Bomba de depresión
21 Batería
22 Cuadro de instrumealos con salida
de señales para consumo de combustible
1 número de revoluciones etc.
23 Sensor del pedal acelerador
24 Interruptordelembrapue
25 Contactos de freno
26 Sensor de la velocidad de marcha
27 Elemento de mando para el regulador
de la velocidad de marcha
28 Compresor de aire acondicionado
con interruptor
29 Indicacióndediagnóstico
con conexión para aparato de diagnóstico

Figura 8.115.

24.3.2. Variación del avance hacia "avance"

En la posición de reposo, el émbolo del variador de avance (3) está retenido por un muelle de reposición (posición de retraso). Durante el servicio, la presión del combustible se regula en función del número de revoluciones, con la válvula reguladora de presión en el interior de la bomba. Esta presión de combustible actúa como presión de control, a través de un estrangulador, sobre el recinto anular del tope hidráulico (13) y desplaza, si está cerrada la electroválvula del variador de avance (15), el émbolo de control (12) contra la fuerza del muelle en dirección de "avance" (en la Fig. 8.114, hacia la derecha). De esta forma se desplaza también la corredera de regulación en sentido de "avance" de forma tal que se abre el canal de entrada en el émbolo del variador de avance.

Ahora puede pasar combustible al volumen situado detrás del émbolo del variador de avance y presionar el émbolo del variador de avance, hacia la derecha, en sentido de "avance". El movimiento axial del émbolo del variador de avance es transmitido mediante la espiga esférica como movimiento de giro al anillo de levas (1) de la bomba de alta presión de émbolos radiales.

El giro del anillo de levas con relación al eje de accionamiento de la bomba, conduce en su desplazamiento hacia "avance" a un tope prematuro de los rodillos sobre la elevación de leva y, por tanto, a un comienzo de inyección más adelantado. La posible variación en sentido de "avance" puede ser de hasta 20 grados del árbol de levas (lo que corresponde a 40 grados del cigüeñal).

24.3.3. Variación del avance en sentido de "retraso"

La electroválvula del variador de avance (15) abre cuando recibe señales a impulsos de la unidad de control de bomba. Con ello, disminuye la presión de control en el recinto anular del tope hidráulico (13). El émbolo de control (12) se mueve por la fuerza de su muelle en sentido de "retraso" (en la Fig. 8.114, hacia la izquierda).

El émbolo del variador de avance (3) se mantiene parado inicialmente. Sólo cuando la corredera de regulación (5) abre el taladro de control hacia el canal de salida, puede salir el combustible del volumen situado detrás del émbolo del variador de avance. El muelle presiona ahora el émbolo del variador de avance, otra vez en sentido de "retraso" a su posición inicial.

24.3.4. Regulación de la presión de control

Mediante la apertura y cierre rápidos impulsos, de la aguja de la electroválvula, la electroválvula del variador de avance actúa como un estrangulador variable. La electroválvula puede influir continuamente sobre la presión de control, de forma tal, que el émbolo de control puede adoptar posiciones discreccionales entre "avance" y "retraso". Con ello, la relación de impulsos, es decir, la relación del tiempo de apertura respecto a la duración total de un ciclo de trabajo de la aguja de la electroválvula, es determinada por la unidad de control de bomba.

Por ejemplo, si debe regularse el émbolo de control más en sentido de "avance" la unidad de control de bomba modifica la relación de impulsos, de forma tal, que se reduce la parte temporal del estado **abierto**. A través de la electroválvula del regulador de avance sale menos combustible y el émbolo de control se mueve hacia "avance".

Sensor de temperatura del líquido refrigerante
1 Conexión eléctrica 2 Cuerpo 3 Resistencia NTC.

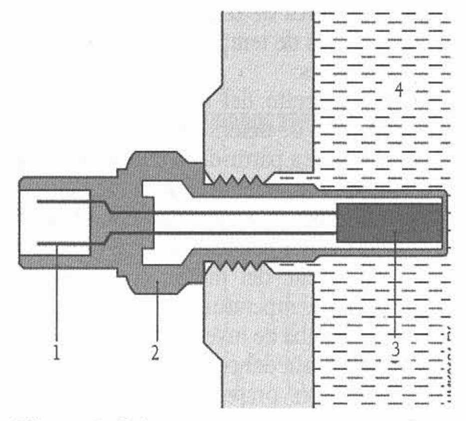


Figura 8.116.

Curva característica de un sensor de temperatura (NTC)

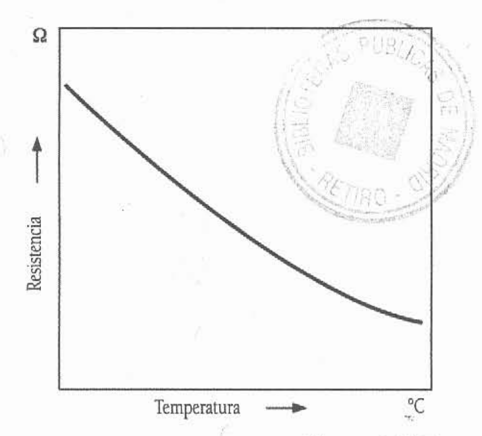


Figura 8.117.

25. CONTROL DEL SISTEMA CON EDC

25.1. Bloques del sistema

La regulación electrónica diesel EDC con la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales (Fig. 8.115) está dividida en tres bloques de sistema:

1. Sensores y transmisores de valor teórico para registrar las condiciones de servicio y los valores teóricos. Estos transforman en señales eléctricas diversas magnitudes físicas.

2. Una unidad de control del motory una unidad de control de bomba para el procesamiento de las informaciones según determinados procesos de cálculo matemáticos (algoritmos de regulación) convirtiéndolas en señales eléctricas de salida.

3. Elementos de ajuste (actuadores) para la transformación de las señales eléctricas de salida de las unidades de control, en magnitudes mecánicas.

Las unidades de control gobiernan los elementos actuadores con las señales eléctricas de salida, directamente a través de etapas finales de potencia, o bien retransmiten estas señales a otros sistemas.

Sensor de revoluciones del cigüeñal
1 Imán permanente 2 Cuerpo 3 Carcasa del motor 4 Núcleo de hierro dulce 5 Devanado 6 Rueda transmisora con un diente por cada cilindro

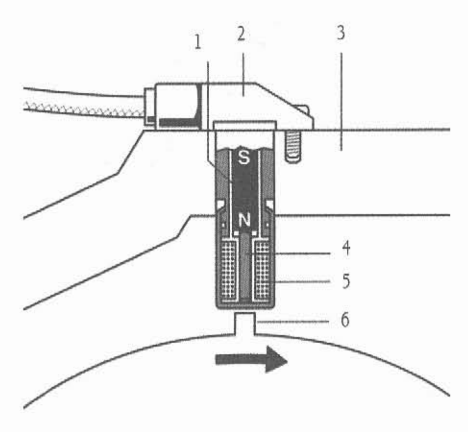


Figura 8.118.

Sensor del ángulo de rotación en un eje de accionamiento (esquema)

1 Lámina conductora flexible 2 Sensor del ángulo de rotación 3 Rueda transmisora 4 Anillo de cojinete giratorio 5 Eje de accionamiento

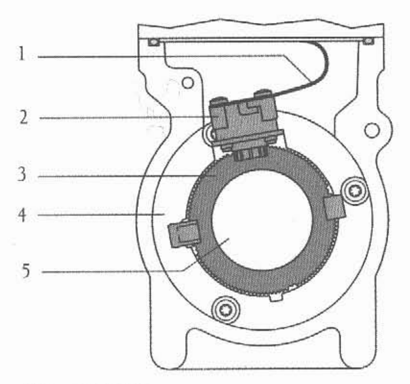


Figura8.119.

25.2. Sensores

25.2.1. Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura se aplican en diversos lugares:

- en el circuito del líquido refrigerante, con el fin de determinar la temperatura del motor a partir de la temperatura del líquido refrigerante (Fig. 8.116),
- en el canal de aspiración, con el fin de medir la temperatura del aire aspirado,
- en el aceite del motor, con el fin de medir la temperatura del aceite y
- en la bomba de inyección, para medir la temperatura del combustible.

Los sensores presentan todos ellos una resistencia dependiente de la temperatura.

La resistencia tiene un coeficiente de temperatura negativo y forma parte de un circuito divisor de tensión que es alimentado con 5 V. La tensión decreciente a través de la resistencia, se lee a través de un convertidor analógico-digital y constituye una medida de la temperatura. En el microcontrolador de la unidad de control del motor está almacenado en memoria una curva característica, que indica la temperatura correspondiente a cada valor de tensión (Fig. 8.117).

25.2.2. Sensor de revoluciones del cigüeñal

La posición de los pistones en los cilindros es decisiva para el momento de inyección correcto. El número de revoluciones indica la cantidad de vueltas del cigüeñal por minuto. Esta importante magnitud de entrada se calcula en la unidad de control del motor a partir de la señal del sensor inductivo de revoluciones del cigüeñal.

25.2.3. Generación de señales

Sobre el cigüeñal está aplicaca una rueda transmisora ferromagnética que lleva en su contorno un diente (segmento) por cada cilindro.

El sensor de revoluciones del cigüeñal (Fig. 8.118) explora la sucesión de dientes de la rueda transmisora. El sensor consta de un imán permanente y de un núcleo de hierro dulce con un devanado de cobre. Al pasar alternativamente dientes y los huecos entre dichos dientes por delante del sensor cambia el flujo magnético y se induce una tensión alterna. La amplitud de la tensión alterna crece fuertemente al aumentar el número de revoluciones. Existe una amplitud suficiente a partir de un régimen mínimo de 50 revoluciones por minuto.

25.2.4. Cálculo del número de revoluciones

Los cilindros de un motor están desfasados entre sí de tal forma, que después de dos vueltas del cigüeñal (720 grados), el primer cilindro comienza otra vez un nuevo ciclo de trabajo. Con un reparto uniforme del desfase, significa esto que:

Generación de la señal de activación para la electroválvula de alta presión (ejemplo)

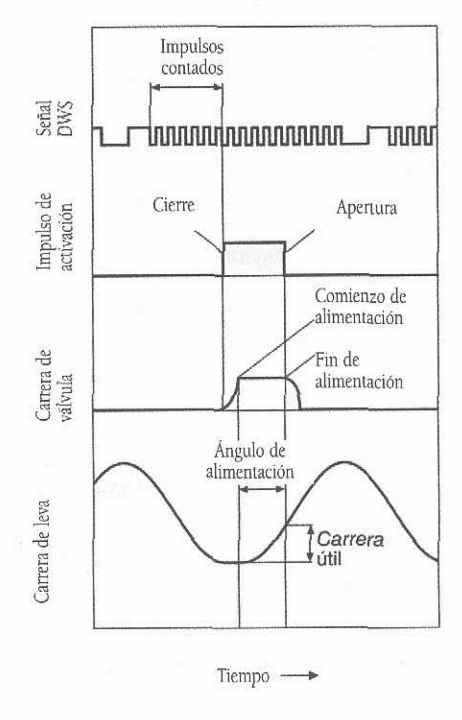


Figura8.120.

Sensor en el medidor de masa de aire de película caliente

1 Conexiones eléctricas
2 Uniones eléctricas
3 Electrónica de evaluación (circuito hibrido)
4 Entrada de aire
5 Elemento de sensor
6 Salida de aire
7 Cuerpo

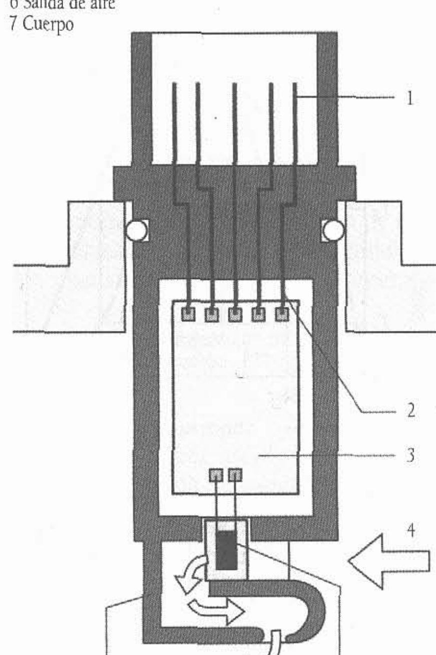


Figura 8.121.

$$\text{Separación de inyección } [°] = \frac{720°}{\text{Número de cilindros}}$$

En un motor de cuatro cilindros, la rueda transmisora tiene cuatro dientes (segmentos), es decir, el sensor de revoluciones del cigüeñal recibe ocho impulsos en dos vueltas del cigüeñal. El tiempo entre dos impulsos se designa como tiempo de segmento y el ángulo respectivo corresponde a la mitad de la separación angular entre dos inyecciones consecutivas.

25.2.5. Sensor del ángulo de rotación

Sobre el eje de accionamiento de la bomba de inyección está montada de forma fija una rueda transmisora con dentado fino. La rueda tiene, distribuidos uniformemente en su contorno, huecos entre dientes especialmente grandes, cuya cantidad corresponde al número de cilindros del motor. La sucesión de dientes y huecos entre dientes es explorada por un sensor de ángulo de rotación (Fig. 8.119).

El sensor de ángulo de rotación debe generar su señal en relación con la posición angular del anillo de levas. Por este motivo, el sensor no está montado fijo como la rueda transmisora, sino que está alojado con posibilidad de desplazamiento sobre el eje de accionamiento de la bomba de inyección y gira solidario con el anillo de levas en los movimientos

Medidor de masa de aire de película callente (principio de medición)

1 Perfil de temperatura sin entrada de flujo
2 Perfil de temperatura con entrada de flujo
M_1 M_2 Puntos de medición T_1 T_2 Señales de temperatura
ΔT La diferencia de temperatura da la señal de medición

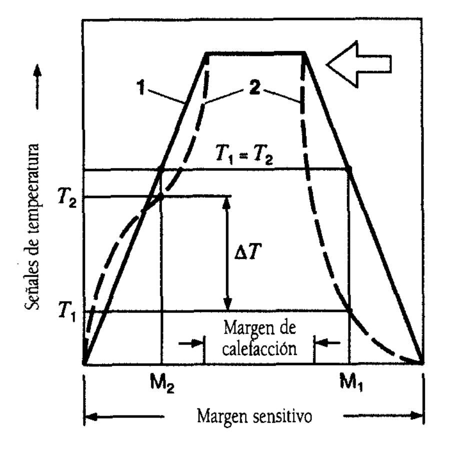


Figura 8.122.

del variador de avance (la disposición completa se designa también como sistema de medición incremental de ángulo-tiempo IWZ).

La señal del sensor del ángulo de rotación es transmitida a la unidad de control de bomba a través de una lámina conductora flexible dentro de la bomba de inyección.

La señal DWS se emplea para las siguientes tareas:

- Determinación de la posición angular momentánea,
- Medición de la velocidad de rotación actual de la bomba de inyección, y
- Determinación de la posición de regulación momentánea del variador de avance (posición real).

La posición angular momentánea establece la señal de activación para la electroválvula de alta presión. Sólo con una activación de ángulo correcto queda garantizado que se produzcan tanto el momento de cierre como el de apertura de la electroválvula de alta presión, en la correspondiente carrera de leva (Fig. 8.120).

La velocidad de rotación actual de la bomba de inyección es la magnitud de entrada para la unidad de control de bomba. Para el caso en que esté defectuoso el sensor de revoluciones del cigüeñal, sirve también como régimen de revoluciones sustitutivo para la unidad de control del motor.

La posición real del variador de avance se determina mediante la comparación de las señales del sensor de revoluciones del cigüeñal y la posición angular del sensor de ángulo de rotación. Esta posición es necesaria para la regulación del variador de avance.

25.2.6. Sensor de movimiento de aguja

En sistemas con regulación del comienzo de inyección se precisa un sensor de movimiento de aguja (para más detalles, véase el apartado "Inyectores y portainyectores"). El sensor determina el momento en el que abre la aguja del inyector: este es entonces el comienzo de inyección. La señal del sensor de movimiento de aguja es procesada por la unidad de control del motor.

25.2.7. Medidor de masa de aire de película caliente

Con el fin de cumplir los valores límite de gases de escape requeridos y establecidos legalmente, es necesario especialmente en el servicio dinámico del motor de combustión, un cumplimiento exacto de la relación pretendida de aire/combustible. Para ello se necesitan sensores que registren muy exactamente el flujo de masa de aire aspirado realmente. La precisión de medición del sensor de carga no debe verse influida por pulsaciones, reflujos, retroalimentación de gases de escape y un control variable del árbol de levas, ni tampoco por variaciones de la temperatura del aire aspirado.

Para este fin, en el medidor de masa de aire de película caliente, se extrae calor de un elemento sensor calentado, mediante transición térmica del flujo de masa de aire (figuras 8.121 y 8.122).

El sistema de medición realizado en técnica de micromecánica permite, en combinación con un circuito híbrido, el registro del flujo de masa de aire, incluida la dirección del flujo. Se reconocen los **reflujos** en caso de un flujo de masa de aire con fuertes pulsaciones. El elemento de sensor micromecánico está dispuesto en el canal de flujo del sensor insertable (Fig. 8.121, pos. 5). El sensor insertable puede estar montado en el filtro de aire o en un tubo de medición en la conducción de aire.

Según el caudal de aire máximo necesario del motor de combustión, existen distintos tamaños del tubo de medición. La variación de la tensión de señal en dependencia del flujo de masa de aire se divide en márgenes de señal para flujo de retorno y de afluencia. Para aumentar la precisión de medición, la señal de medición se refiere a una tensión de referencia entregada por el control del motor. La característica de la curva está configurada de tal forma que al realizar el diagnóstico en el taller, pueda reconocerse p. ej. una interrupción de cable, con ayuda del control del motor.

Para la determinación de la temperatura del aire aspirado puede estar integrado un sensor de temperatura.

25.2.8. Sensor del pedal acelerador

Contrariamente a las bombas de inyección rotativa o en línea, en el sistema EDC ya no se transmite a la bomba de inyección el deseo de aceleración del conductor, a través de un cable de tracción o de un varillaje, sino que se registra con un sensor del pedal acelerador y se transmite a la unidad de control del motor (designado también como "pedal acelerador electrónico"). En función de la posición del pedal acelerador se produce una tensión en el sensor del pedal acelerador, mediante un potenciómetro. En base a una curva característica programada se calcula, a partir de la tensión eléctrica, la posición del pedal acelerador.

25.2.9. Sensor de presión de sobrealimentación

El sensor de presión de sobrealimentación está conectado neumáticamente con el tubo de admisión y determina la presión absoluta del tubo de admisión, de 0,5..3 bar.

El sensor está dividido en una celda de presión con dos elementos sensores y un recinto para el circuito de evaluación. Los elementos sensores y el circuito de evaluación se encuentran sobre un substrato cerámico común.

Un elemento sensor consta de una membrana de capa gruesa en forma de campana, que incluye un volumen de referencia con una presión interna determinada. Según la magnitud de la presión de sobrealimentación se desvía más o menos la membrana.

Sobre la membrana van dispuestas resistencias «piezoresistivas», cuya conductividad varía bajo tensión mecánica. Estas resistencias están conectadas en puente, de forma tal, que una desviación de la membrana conduce a una modificación del calibrado de puente. La tensión de puente es así una medida de la presión de sobrealimentación.

El circuito evaluador tiene la misión de amplificar la tensión de puente, compensar influencias de temperatura y linealizar la curva característica de presión. La señal de salida del circuito de evaluación es conducida a la unidad de control del motor. Con ayuda de una curva característica programada, se calcula la presión de sobrealimentación a partir de la tensión medida.

Control de la bomba de inyección
Para mejorar la representación se han girado en su posición diversos componentes
1 Unidad de control del motor 2 Unidad de control de bomba 3 Sensor de ángulo de rotación 4 Electroválvula de alta presión 5 Electroválvula del variador de avance 6 Sensor de movimiento de aguja del inyector

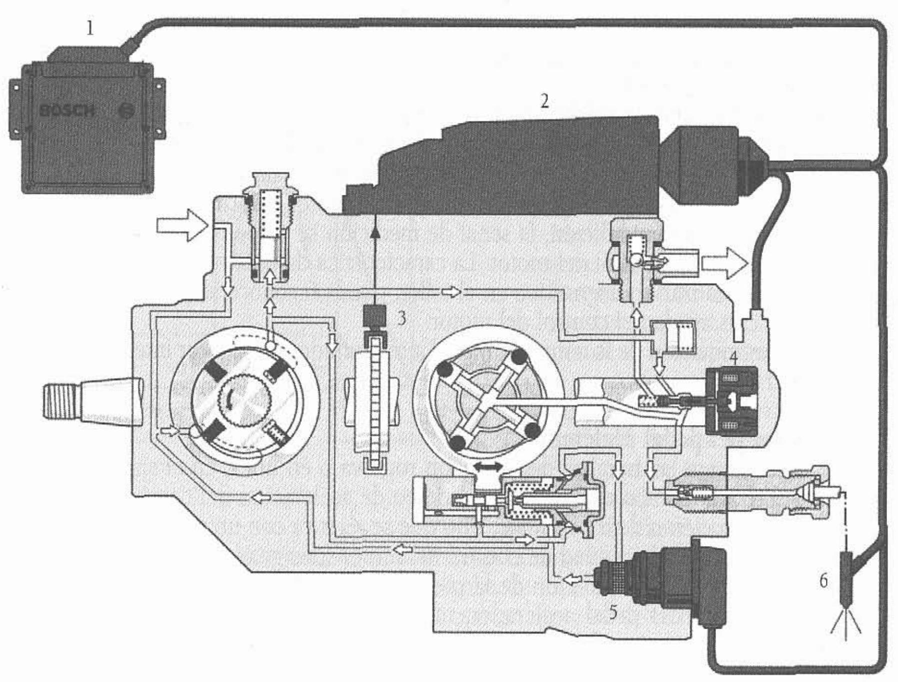


Figura 8.123.

26. UNIDADES DE CONTROL

26.1. Condiciones de aplicación

Una instalación de inyección diesel con bomba rotativa de inyección de émbolos radiales VR presenta dos unidades de control para la regulación electrónica diesel: una **unidad de control de bomba** y una **unidad de control del motor**. Esta división es necesaria para evitar por una parte un sobrecalentamiento de determinados componentes electrónicos y suprimir, por otra parte, la influencia de señales perturbadoras que pueden producirse en la bomba de inyección debido a las corrientes parcialmente muy elevadas (hasta 20 A).

Mientras que la unidad de control de bomba registra las señales de los sensores internos de la bomba sobre el ángulo de rotación y la temperatura del combustible, y las evalúa junto con los valores fijados por la unidad de control del motor para la adaptación del momento de inyección y del caudal de inyección (Fig. 8.123), la unidad de control del motor procesa adicionalmente todos los datos del motor y del entorno registrados por sensores externos, y calcula a partir de ellos las intervenciones de ajuste a realizar en el motor. Para ello existen almacenados los correspondientes campos característicos en ambas unidades de control.

Los circuitos de entrada de las unidades de control preparan los datos de los sensores y los microprocesadores calculan a partir de ellos, considerando el estado de servicio actual, las señales de ajuste para un servicio de marcha óptimo.

El intercambio de datos entre la unidad de control del motor y la unidad de control de bomba se produce a través del sistema bus CAN.

A las unidades de control se les plantean altas exigencias, en relación con

- la temperatura del entorno (bajo condiciones de marcha normal, - 0...+85 °C),
- la resistencia contra productos presentes en servicio (aceite, combustible, etc.),
- la humedad y - las solicitaciones mecánicas.

Asimismo son muy altas las exigencias respecto a la compatibilidad electromagnética (EMV) y a la limitación emisión de señales perturbadoras de alta frecuencia.

26.2. Unidad de control de bomba

La unidad de control de bomba es, en cuanto a su tarea principal, un mecanismo dosificador «inteligente». La unidad controla el variador de avance para ajustar el comienzo de alimentación deseado (regulación del comienzo de inyección). Para la regulación de la posición del variador de avance, necesita la unidad de control de bomba los impulsos de los sensores de revoluciones o ángulo de rotación, como marcas de referencia.

El caudal de inyección preestablecido por la unidad de control del motor es transformado en una duración de la activación para la electroválvula de alta presión. La cuota de inyección (caudal de inyección por cada grado del árbol de levas) se considera también en la activación de la electroválvula de alta presión. La unidad de control del motor está integrada en el concepto de seguridad del sistema EDC, por su comunicación con la unidad de control del motor.

La unidad de control de bomba está montada directamente sobre la bomba y ejecutada en técnica "micro-híbrida". Está equipada con un conector de nueve polos que une la unidad de control de bomba con la unidad de control del motor, y a través del cual se produce la comunicación entre ambas unidades. La unidad de control de bomba es refrigerada por el combustible que pasa por un canal debajo de la caja de la unidad de control.

Como entradas directas de sensores de la bomba de inyección, sólo están las señales de medición del sensor de ángulo de rotación (señal DWS) y del sensor de temperatura de combustible. Además está la señal del sensor de revoluciones del cigüeñal preevaluada por la unidad de control del motor, para su procesamiento ulterior.

Debido a la posición adosada expuesta junto a la bomba de inyección, el cuerpo de la unidad de control de bomba está estanqueizado.

26.3. Unidad de control del motor

La unidad de control del motor evalúa las señales de los sensores externos y calcula a partir de ellas las señales de activación para los elementos de ajuste (actuadores). Está unidad transmite a la unidad de control de bomba las siguientes magnitudes registradas o calculadas:

- el número de revoluciones actual del cigüeñal,
- el caudal de inyección,
- el comienzo de alimentación y
- la posición correspondiente del anillo de levas para la cuota de inyección deseada.

Dentro del marco de un concepto de seguridad, la unidad de control del motor supervisa también el sistema de inyección completo.

Determinación del caudal de inyección en la unidad de control del motor
Posición del interruptor A: Arranque
Posición del interruptor B: Servicio de marcha

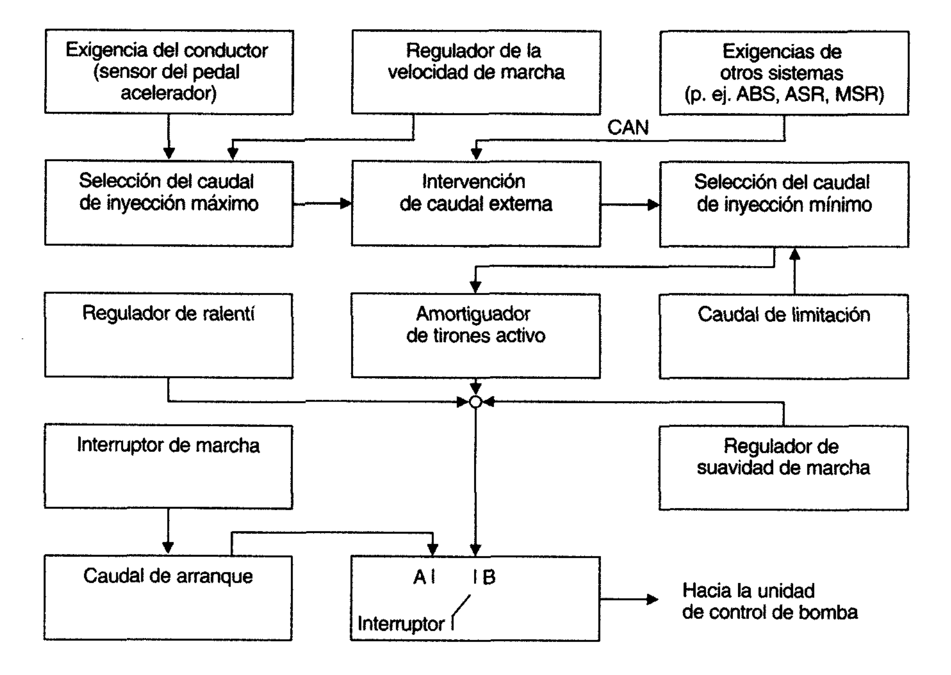


Figura 8.124.

Estructura

La unidad de control del motor se encuentra dentro de una carcasa metálica. Los sensores, los elementos actuadores y la alimentación de corriente, están acoplados mediante un conector multipolar a la unidad de control. Este conector presenta entre 105 y 134 pins según el tipo de aparato y el volumen funcional. Los componentes de potencia para la activación directa de los elementos actuadores están integrados de tal forma en el cuerpo de la unidad de control del motor, que queda garantizada una buena disipación del calor hacia la carcasa. La unidad de control del motor existe tanto con una carcasa estanqueizada, como también con una no estanqueizada.

26.4. Regulación de los estados de servicio

Para que el motor trabaje en cada estado de servicio con una combustión óptima, se calcula en la unidad de control del motor el caudal de inyección apropiado en cada caso. Para ello deben considerarse diversas magnitudes (Fig. 8.124).

Caudal de arranque

Al arrancar se calcula el caudal de inyección en función de la temperatura y del número de revoluciones. Para poder arrancar con seguridad, necesita el motor a bajas temperaturas un caudal de inyección mucho mayor que en estado caliente. A temperaturas bajas se precipita parte del combustible en las paredes de los cilindros y no interviene en la combustión.

El caudal de arranque se entrega desde la conexión del interruptor de marcha (Fig. 8.124, el interruptor pasa a la posición A) hasta alcanzar un número de revoluciones mínimo (régimen de arranque). El conductor no puede influir sobre el caudal de arranque.

Servicio de marcha

En el servicio de marcha normal se calcula el caudal de inyección en función de la posición del pedal acelerador (sensor del pedal acelerador) y del número de revoluciones (Fig.8.124, posición del interruptor B). Esto se realiza mediante el campo característico correspondiente al comportamiento de marcha. De esta forma quedan adaptados lo mejor posible el deseo del conductor y la potencia del vehículo.

Regulación de ralentí

El consumo de combustible al ralentí del motor está determinado principalmente por el grado de rendimiento y el régimen de ralentí. Una parte considerable del consumo de combustible de vehículos motorizados en el denso tráfico urbano, recae sobre este estado de servicio. Por tanto es ventajoso un régimen de ralentí lo más bajo posible. El ralentí debe estar ajustado sin embargo, de tal forma que, bajo todas las condiciones como consumos eléctricos en la instalación del vehículo, acondicionador de aire conectado, marcha acoplada en vehículos con cambio automático, servodirección activa, etc., no descienda demasiado el régimen de giro del motor y funcione irregularmente el motor o incluso llegue a pararse.

Para el ajuste del régimen teórico de ralentí, el regulador de ralentí varia el caudal de inyección hasta que el régimen real medido sea igual que el régimen teórico preestablecido. El régimen teórico y la característica de regulación son influidos aquí por la marcha conectada y por la temperatura del motor (sensor de temperatura del líquido refrigerante).

Además de los momentos de carga externos están los momentos de fricción internos que deben ser compensados por la regulación del ralentí. Estos momentos (de fuerza) varian ligeramente pero continuamente a lo largo de toda la vida útil del motor y dependen además intensamente de la temperatura.

Regulación de la suavidad de marcha

Debido a tolerancias mecánicas y envejecimiento, no todos los cilindros de un motor generan el mismo par motor. Esto tiene como consecuencia especialmente al ralentí un funcionamiento del motor "no redondo". La regulación de suavidad de marcha determina las variaciones de régimen después de cada combustión y las compara entre sí. El caudal de inyección de cada cilindro se ajusta entonces según las diferencias de régimen, de forma tal que todos los cilindros contribuyan igualmente a la generación del par motor. La regulación de la suavidad de marcha actúa sólo en el régimen inferior de revoluciones.

Regulación de la velocidad de marcha

Para la circulación a velocidad constante se tiene el regulador de la velocidad de marcha (Tempomat). Este regula la velocidad del vehículo ajustándola a un valor deseado. Este valor puede ajustarse mediante una unidad de operación en el cuadro de instrumentos.

El caudal de inyección se aumenta o se reduce contínuamente hasta que la velocidad real corresponda a la velocidad teórica ajustada. Si el conductor pisa el pedal de embrague o de freno estando conectado el regulador de la velocidad de marcha, se desconecta el proceso de regulación. Accionando el pedal acelerador puede acelerarse superando la velocidad teórica momentánea. Al soltar de nuevo el pedal acelerador, el regulador de la velocidad de marcha ajusta otra vez la última velocidad teórica vigente. Asimismo, si el regulador de la velocidad de marcha está desconectado, puede ajustarse otra vez con la tecla de

Amortiguador de tirones activo

1 Accionamiento repentino del pedal acelerador (deseo del conductor)
2 Evolución del número de revoluciones sin amortiguación activa de tirones
3 Con amortiguación activa de tirones

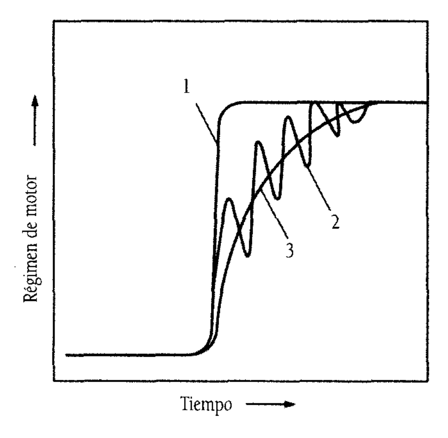


Figura 8.125.

recuperación la última velocidad teórica vigente.

Regulación del caudal de limitación

No siempre debe inyectarse el caudal de combustible deseado por el conductor o físicamente posible. Esto puede tener los siguientes motivos:

- Emisión excesiva de contaminantes,
- Expulsión de humo excesiva debido a un caudal de combustible demasiado alto,
- Sobrecarga mecánica debido a un par motor excesivo o un exceso de revoluciones, o bien
- Sobrecarga térmica debido a temperatura demasiado alta del líquido refrigerante, del aceite o del turbocompresor.

El caudal de limitación se forma en base a diversas magnitudes de entrada como p. ej. la masa de aire aspirada, el número de revoluciones y la temperatura del líquido refrigerante.

Amortiguación activa de tirones

Al accionar repentinamente o soltar el pedal de acelerador resulta una velocidad de variación muy grande del caudal de inyección y, por tanto también del par motor entregado. Debido a este cambio de carga brusco, el apoyo elástico del motor y la cadena cinemática generan oscilaciones de tirones que se manifiestan en una fluctuación del régimen del motor (Fig. 8.125).

El amortiguador activo de tirones reduce estas oscilaciones periódicas de régimen, variando el caudal de inyección con el mismo período de oscilación: al aumentar el régimen se inyecta menos y al disminuir el régimen se inyecta más. El movimiento de tirones se amortigua así considerablemente.

Franjas de dispersión de las emisiones de NOX y de HC en dependencia del comienzo de inyección.

αr Comienzo de inyección óptimo.

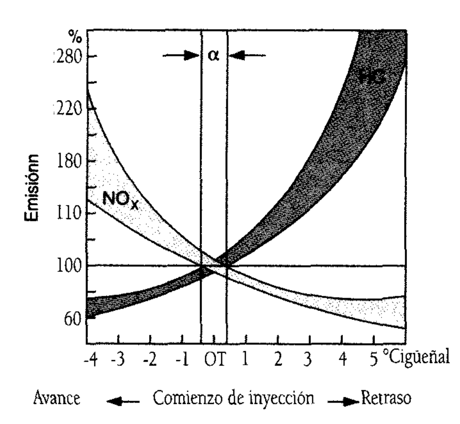


Figura 8.126.

Regulación del comienzo de inyección

El comienzo de inyección influye esencialmente sobre la potencia, el consumo de combustible, los ruidos y el comportamiento de gases de escape. Su valor teórico está almacenado en la unidad de control del motor, en función del número de revoluciones del motor y del caudal de inyección. Además todavía puede realizarse una corrección en función de la temperatura del líquido refrigerante. Para un comienzo de

inyección óptimo deben considerarse asimismo las franjas de dispersión de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) y de hidrocarburos (HC) (Fig. 8.126).

Para determinar el valor real actual del comienzo de inyección, se evalúa la señal del sensor de movimiento de aguja. Si el valor real del comienzo de inyección difiere de su valor teórico, se reajusta el valor teórico del comienzo de alimentación por parte de la unidad de control del motor. El comienzo de *alimentación es el momento en el que cierra* la electroválvula de alta presión en el cuerpo distribuidor. Su valor teórico se determina a partir del valor teórico del comienzo de inyección, considerándose el tiempo de retraso que necesita la onda de presión en la tubería para llegar hasta las válvulas de inyección.

Si está defectuoso el sensor de movimiento de aguja o si no está montado en el sistema, puede funcionar no obstante la bomba rotativa de inyección de émbolos radiales (aunque con mayores tolerancias del comienzo de inyección).

Parada

El principio de funcionamiento de "autoinflamación" tiene como consecuencia que el motor diesel sólo pueda pararse interrumpiendo la alimentación de combustible.

En la regulación electrónica diesel se para el motor mediante la orden "caudal de inyección cero" de la unidad de control del motor.

Electroválvula de alta presión

1 Asiento de válvula
2 Dirección de cierre
3 Agula de válvula
4 Inducido magnético
5 Bobina
6 Imán

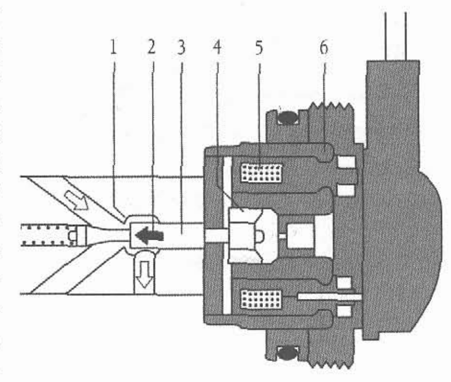


Figura 8.127.

Electroválvula del variador de avance

1 Taladro estrangulador 2 Cuerpo de válvula 3 Aguja de válvula 4 Carcasa de la válvula 5 Inducido magnético 6 Bobina magnética

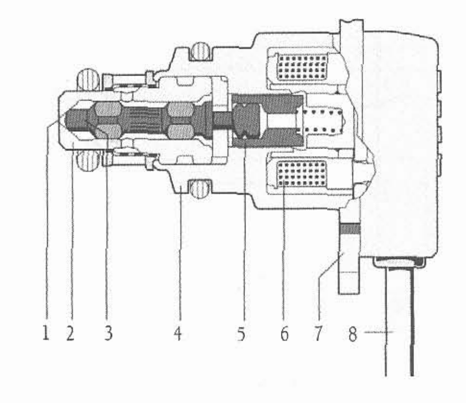


Figura 8.128.

27. ELEMENTOS ACTUADORES

27.1. Electroválvula de alta presión

Para la dosificación del caudal está integrada una electroválvula de alta presión en la parte de alta presión de la bomba de inyección. Al comienzo del proceso de inyección, pasa una corriente a través de la bobina del imán, y el inducido magnético es presionado, junto con la aguja de válvula, en dirección al asiento de válvula. Cuando el asiento de válvula está totalmente cerrado por la aguja de válvula, ya no puede pasar combustible. Como consecuencia aumenta rápidamente la presión de combustible en la parte de alta presión y abre finalmente el inyector activado en cada caso.

Actuador de presión de sobrealimentación

1 Actuador de presión de sobrealimentación 2 Bomba de depresión 3 Actuador de presión 4 Turbocompresor 5 Válvula bypass

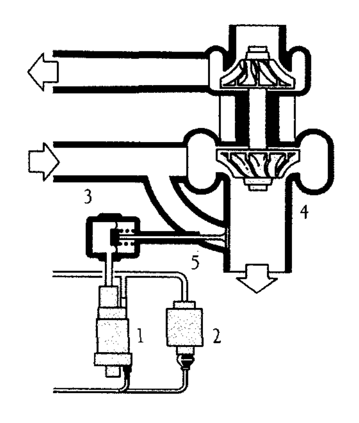


Figura 8.129.

Influencia del índice de retroalimentación de gases de escape (ARF) sobre la emisión de contaminantes

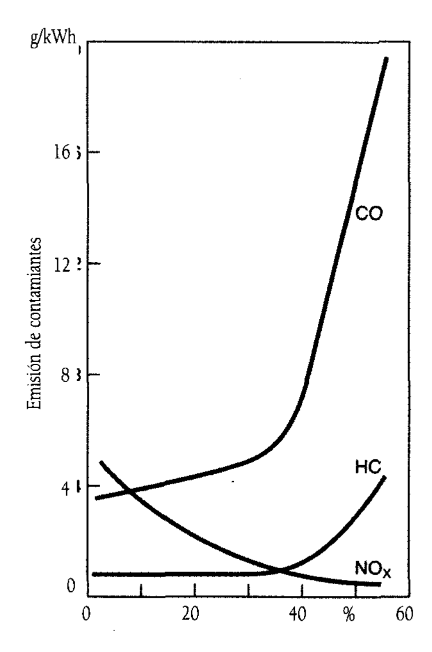


Figura 8.130.

Una vez alcanzado el caudal de inyección deseado se interrumpe el paso de corriente hacia el imán, con lo cual abre de nuevo la electroválvula de alta presión y desaparece la presión en la parte de alta presión. Debido al descenso de la presión de inyección vuelve a cerrar el inyector y concluye la inyección.

Para controlar con más exactitud este proceso, la unidad de control de bomba puede determinar el momento de cierre real de la electroválvula de alta presión, en base a la evolución de la corriente. Fig. 8.127.

27.2. Electroválvula del variador de avance

La unidad de control de bomba controla el émbolo del variador de avance a través de la electroválvula del variador de avance (Fig. 8.128), que es activada a intervalos constantemente por una corriente de mando con frecuencia constante.

La relación entre el tiempo de activación y no activación (relación de impulsos) determina aquí el caudal de paso. El caudal de paso puede variarse de tal modo que el variador de avance alcance su posición teórica.

27.3. Unidad de control del tiempo de incandescencia

Para un buen arranque en frío y una mejora de la fase de calentamiento relevante para los gases de escape, es responsable el control del tiempo de incandescencia.

El tiempo de preincandescencia depende de la temperatura del líquido refrigerante. Las demás fases de incandescencia al arrancar el motor o con el motor en marcha, vienen determinadas por un gran número de parámetros, entre otros, por el caudal de inyección y el régimen del motor. El control del tiempo de incandescencia se realiza a través de un relé de potencia.

27.4. Convertidor electroneumático

Las válvulas o chapaletas de los actuadores de presión de sobrealimentación, de turbulencia y de retroalimentación de gases de escape, son

accionadas mecánicamente con la ayuda de depresión o sobrepresión. Para este fin, la unidad de control del motor genera una señal eléctrica que es transformada en sobrepresión o depresión por un convertidor electroneumático.

27.5. Actuador de la presión de sobrealimentación

Los motores de turismos con turbocompresión por gases de escape deben alcanzar un elevado par motor incluso a bajo número de revoluciones. Por este motivo, el cuerpo de la turbina está dimensionado para un pequeño flujo de masas de gases de escape. Para que con flujos grandes de masa de gases de escape no aumente demasiado la presión de sobrealimentación, es necesario en este sector conducir a la instalación de escape una parte de los gases de escape, a través de una válvula bypass («Waste-gate») eludiendo la turbina. El actuador de presión de sobrealimentación (Fig. 8.129,) modifica para ello la sección en la válvula bypass, en dependencia del régimen del motor, del caudal de inyección, etc. En lugar de la válvula bypass puede aplicarse también una geometría variable de la turbina (VTG).

Esta modifica el ángulo de incidencia de la turbina de gases de escape e influye así sobre la presión de sobrealimentación.

27.6. Actuador de turbulencia

El control de turbulencia influye sobre el movimiento de turbulencia del aire aspirado. La turbulencia se genera casi siempre mediante canales de entrada de forma espiral. La rotación determina el entremezclado del combustible y el aire en la cámara de combustión e influye considerablemente sobre la calidad de la combustión. Por regla general se genera una turbulencia fuerte a un régimen bajo y débil a un régimen alto. La rotación puede regularse con ayuda del actuador de turbulencia (una mariposa o una corredera) en el conducto de la válvula de admisión.

27.7. Actuador de retroalimentación de gases de escape

En la retroalimentación de gases de escape se conduce una parte de los gases de escape al tramo de admisión. Hasta un cierto grado una cantidad creciente de gases residuales puede repercutir positivamente sobre la transformación de energía, disminuyendo así la emisión de contaminantes. En función del punto de servicio, la masa aspirada de aire/gas se compone hasta un 40% de gases de escape (figuras 8.130 y 8.131).

Influencia del índice de retroalimentación de gases de escape (ARF) sobre el coeficiente de aire λ, la emisión de hollín y el consumo.

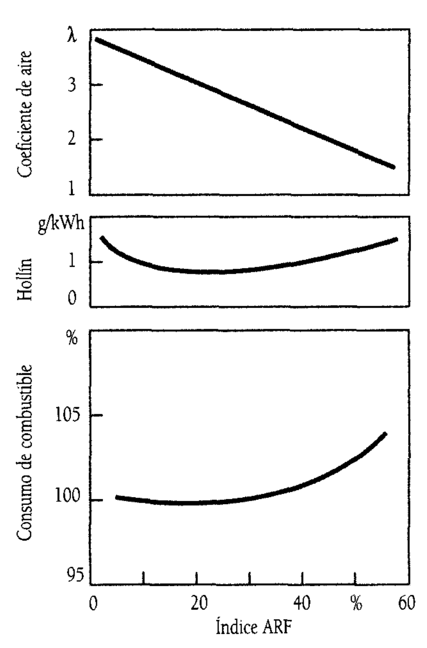


Figura 8.131.

Para la regulación en la unidad de control del motor se mide la masa real de aire fresco y se compara con un valor teórico para la masa de aire en cada punto de servicio. Con ayuda de la señal generada por la regulación abre

el actuador de retroalimentación de gases de escape (una válvula), de forma que entran gases de escape en el tramo de admisión.

27.8. Regulación de la mariposa en el colector de admisión

La mariposa de colector de admisión tiene en el motor diesel una función totalmente distinta que en el motor de gasolina:

Sirve ésta para aumentar el índice de retroalimentación de gases de escape, reduciendo la sobrepresión en el tubo de admisión. La regulación de la mariposa sólo actúa en el margen inferior de revoluciones.

28. INTERCAMBIO DE INFORMACIONES

28.1. Comunicación de las unidades de control

La comunicación entre la unidad de control del motor y la unidad de control de bomba se produce a través del bus CAN (ControllerArea Network). Con ella se transmiten los valores teóricos, datos de servicio e informaciones de estado necesarios para el servicio y la supervisión de averías. Están definidos respectivamente tres mensajes de la unidad de control del motor a la unidad de control de bomba (MSG1 hasta MSG3) y de la unidad de control de bomba a la unidad de control del motor (PSG1 hasta PSG3).

Mensajes de la unidad de control del motor

El mensaje MSG1 de la unidad de control del motor a la unidad de control de bomba, contiene:

- el caudal de inyección (valor teórico),
- el comienzo de alimentación (referido al anillo de levas y al cigüeñal) y
- el número de revoluciones del motor.

La unidad de control de bomba determina a partir del valor teórico del caudal de inyección, la duración de activación de la electroválvula de alta presión. El comienzo de alimentación referido al cigüeñal se necesita para el cálculo del comienzo de inyección.

Con el comienzo de alimentación referido al anillo de levas puede variarse el índice de inyección del combustible. El número de revoluciones del motor sirve para la supervisión y es comparado, para ello, con la velocidad de rotación de la bomba de inyección.

Para que el servicio postventa pueda consultar, en la revisión del vehículo o en trabajos de mantenimiento, los datos de ambas unidades de control (p. ej. mensajes de averías almacenados en memoria), la unidad de control del motor dispone de una conexión para el enchufe de diagnóstico. La unidad de control del motor retransmite las consultas de datos, con el mensaje MSG2 a la unidad de control de bomba.

El mensaje MSG3 comunica a la unidad de control de bomba la posición del sensor de revoluciones del cigüeñal y la configuración de la unidad de control del motor.

Mensajes de la unidad de control de bomba

El mensaje PSG1 de la unidad de control de bomba a la unidad de control del motor, contiene:

- la duración de activación de la electroválvula de alta presión,
- el número de revoluciones de la bomba de inyección,
- la temp. de la bomba de inyección y mensajes de averías.

El tiempo de activación de la electroválvula de alta presión y el número de revoluciones de la bomba de inyección, se emplean en la unidad de control del motor para la super-

visión. La temperatura de la bomba de inyección es una magnitud influyente adicional para el cálculo del comienzo de alimentación y de la duración de activación.

La unidad de control de bomba retransmite otra vez a la unidad de control del motor, como mensaje PSG2, los mensajes del servicio postventa solicitados con el mensaje MSG2. A través del enchufe de diagnóstico pueden leerse allí los datos de la unidad de control de bomba.

Después de cada "reset" de la unidad de control de bomba, se realiza una autoverificación. El resultado se transmite con el mensaje PSG3 a la unidad de control del motor. Esta contesta con el mensaje MSG3.

28.2. Intercambio de informaciones con otros sistemas

Intervención externa sobre el caudal

En una intervención externa sobre el caudal se influye sobre el caudal de inyección por parte de otra unidad de control (p. ej. ABS, ASR). Esta unidad comunica a la unidad de control del motor si debe modificarse el par motor y en qué magnitud (y con el par también el caudal de inyección).

Inmovilizador electrónico

Para la protección antirrobo del vehículo puede impedirse el arranque del motor con ayuda de una unidad de control adicional para el inmovilizador. El conductor puede señalizar, p. ej. mediante un telemando, a la unidad de control que está autorizado para la utilización del vehículo. Esta unidad autoriza en la unidad de control del motor el caudal de inyección, de forma que es posible un arrarque y un funcionamiento del motor.

Acondicionador de aire

Con el fin de obtener una temperatura interior agradable a elevadas temperaturas exteriores, el acondicionador de aire refrigera el aire con ayuda de un compresor frigorífico.

Su demanda puede ascender desde un 1% hasta un 30% de la potencia del motor, según el motor y la situación de marcha. El objetivo no es por lo tanto una regulación de la temperatura, sino el aprovochamiento óptimo del par motor.

En cuanto el conductor acelera fuertemente (deseando así un par motor máximo), el sistema EDC desconecta brevemente el compresor.

29. DIAGNÓSTICO INTEGRADO

29.1. Supervisión de sensores

En la supervisión de sensores se comprueba con ayuda del diagnóstico integrado, si éstos son abastecidos suficientemente y si su señal se encuentra dentro del margen admisible (p. ej. temperatura entre -40 y 150°C). Las señales importantes se realizan si es posible, por duplicado (redundantemente), es decir, existe la posibilidad de conmutar en caso de avería a otra señal similar.

29.2. Módulo de supervisión

En la unidad de control de motor existe junto con el microcontrolador un módulo de supervisión. La unidad de control del motor y el módulo de supervisión se supervisan mutuamente. Si se reconoce aquí una avería, pueden ambos parar el vehículo independientemente entre sí.

29.3. Reconocimiento de averías

El reconocimiento de averías sólo es posible dentro del margen de supervisión de un sensor. Una vía de señal se considera como defectuosa cuando está presente una avería durante un tiempo definido previamente. La avería se almacena entonces en la memoria de averías de la unidad de control del motor, junto con las condiciones ambientales correspondientes en las que ha aparecido la avería (p. ej. temperatura del líquido refrigerante, número de revoluciones, etc.). Para muchas averías es posible un "reconocimiento de nuevo estado intacto" la vía de señal debe reconocerse como intacta durante un tiempo definido.

29.4. Tratamiento de averías

Según la gravedad de una avería producida, se distinguen diversas reacciones del sistema:

- Conmutación a un valor prefijado,
- Desconexión reversible y
- Desconexión irreversible.

Conmutación a un valor prefijado

En caso de infracción del margen de señal admisible de un sensor, se conmuta a un valor prefijado.

Este procedimiento se aplica en las siguientes señales de entrada:

- Tensión de la batería,
- Temperatura del líquido refrigerante, del aire y del aceite,
- Presión de sobrealimentación - Presión atmosférica y
- Caudal de aire.

Adicionalmente, en caso de infracción de la pausibilidad de las señales del sensor del pedal y del freno, se aplica un valor sustitutivo para el sensor de pedal acelerador.

Desconexión reversible

La conducción MAB (corte de caudal) permite a la unidad de control del motor intervenir directamente sobre la etapa final de la electroválvula de alta presión, y suprimir así su activación. En este caso ya no se inyecta más combustible. Esta intervención es reversible.

Esto significa que el combustible se libera otra vez para la inyección, cuando ya no existe la condición que había conducido a la desconexión (p. ej. en la supervisión de duración de activación en régimen de retención).

Si la comparación de la velocidad de rotación doble de la bomba de inyección, con el número de revoluciones del motor, da una divergencia superior a un umbral preestablecido, se para también el vehículo reversiblemente.

Desconexión irreversible

La desconexión del relé principal es irreversible y se produce exclusivamente con la avería "electroválvula de alta presión activada permanentemente" ya que entonces no es posible parar el vehículo a través de "caudal cero" o la conducción MAB.

30. RELACIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS UIS/UPS

Unas exigencias en aumento continuo han conducido al desarrollo de distintos sistemas de inyección Diesel, que están adaptados a las correspondientes necesidades. El funcionamiento de los motores Diesel modernos ha de ser pobre en materias nocivas y a su vez rentable, permitiendo alcanzar potencias altas y pares elevados, siendo a la vez silenciosos.

Los sistemas de inyección Unit Iniector System, UIS (también llamados unidad de bomba-inyector, PDE), y Unit Pump System, UPS (también llamados bomba-tubería-inyector, PLD), son los que permiten alcanzar las más altas presiones de inyección. Posibilitan la inyección exacta que se puede adaptar en grado óptimo al estado de servicio respectivo del motor. De este modo se pueden satisfacer las exigencias antes mencionadas. En los sistemas de inyección modernos hay muchos componentes que cooperan entre sí.

30.1. Campos de aplicación

Los sistemas unidad de bomba-inyector y bomba-tubería-inyector son sistemas de inyección con bombas de inyección individuales con control del tiempo de inyección para motores Diesel de inyección directa. Ofrecen una flexibilidad notablemente mayor para la adaptación del sistema de inyección al motor que los sistemas convencionales. Sus ventajas son:

- mayor campo de aplicación (Para turismos y vehículos industriales ligeros con potencias de hasta 30 kW/cilindro, para vehículos industriales pesados de hasta 80kW/cilindro. Para locomotoras y barcos se emplean bombas de inyección individuales para motores con potencias de hasta 500kW/cilindro. Pero éstas no serán tratadas aquí.),
- alta presión de inyección hasta aprox. 2050 bar,
- comienzo de inyección variable y
- la posibilidad de una inyección previa.

30.2. Estructura

Los sistemas unidad de bomba-inyector y bomba-tubería-inyector incluyen:

- alimentación de combustible (parte de baja presión),
- parte de alta presión,
- regulación electrónica Diesel (EDC) con los bloques de sistema sensores, unidad de control y elementos actuadores, así como
- periferia (p.ej. turbocompresor y retroalimentación de gases de escape).

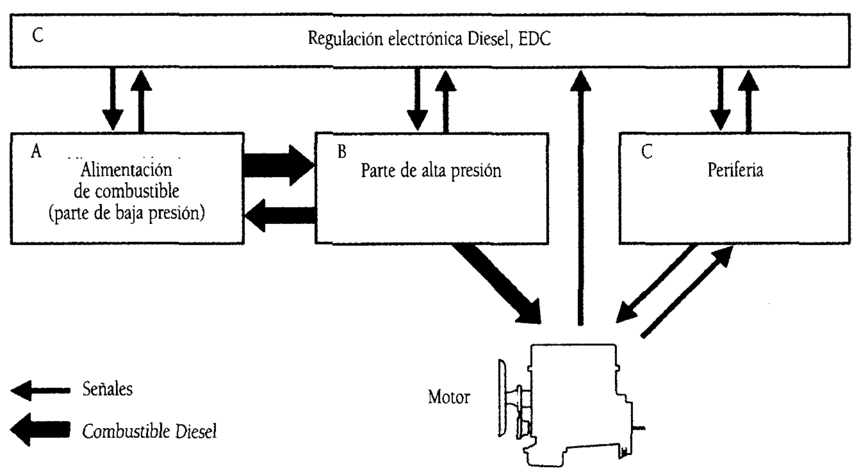
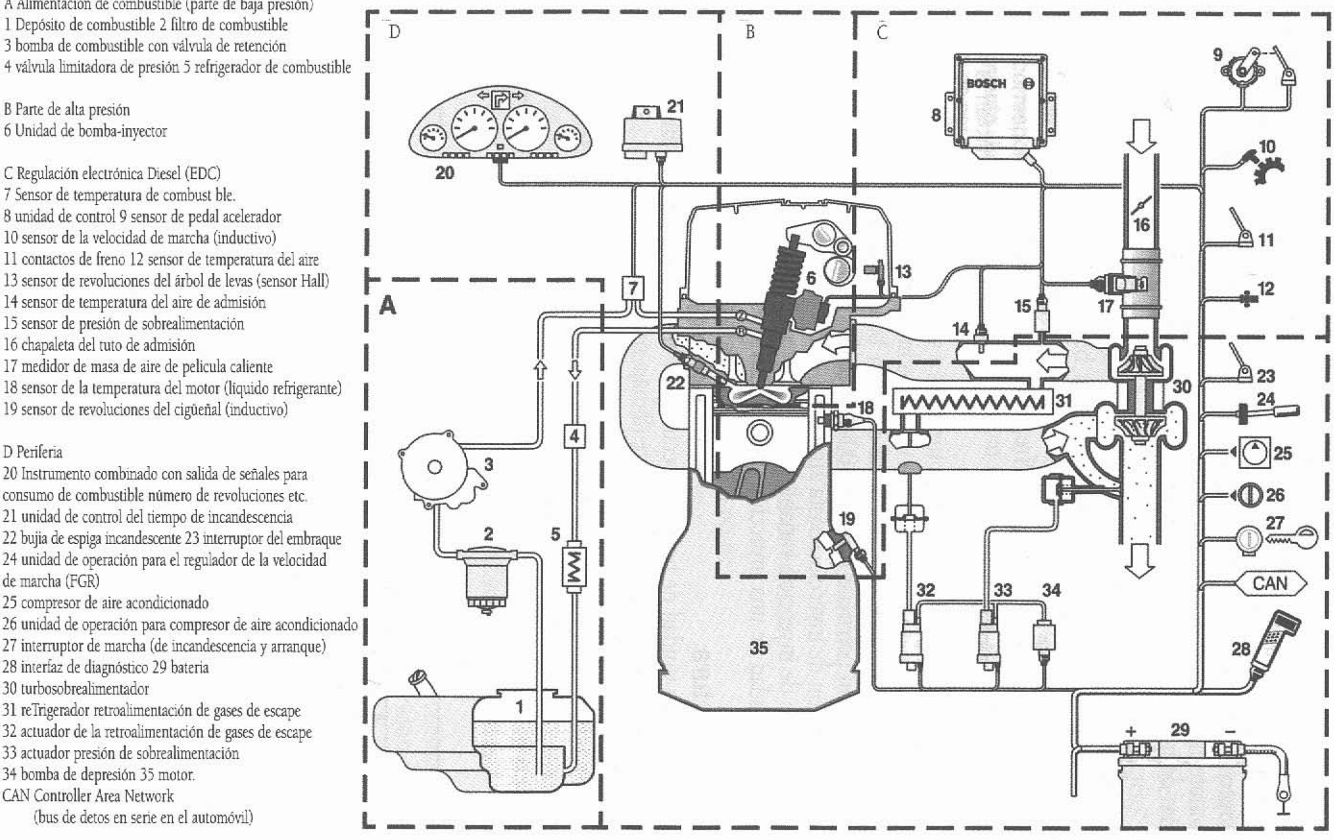


Figura 8.132.

Figura 8.133.

Relación general del sistema unidad de bomba-inyector (UIS) para turismos



A Alimentación de combustible (parte de baja presión)
1 Depósito de combustible 2 filtro de combustible
3 bomba de combustible con válvula de retención
4 válvula limitadora de presión 5 refrigerador de combustible

B Parte de alta presión
6 Unidad de bomba-inyector

C Regulación electrónica Diesel (EDC)
7 Sensor de temperatura de combust ble.
8 unidad de control 9 sensor de pedal acelerador
10 sensor de la velocidad de marcha (inductivo)
11 contactos de freno 12 sensor de temperatura del aire
13 sensor de revoluciones del árbol de levas (sensor Hall)
14 sensor de temperatura del aire de admisión
15 sensor de presión de sobrealimentación
16 chapaleta del tuto de admisión
17 medidor de masa de aire de pelicula caliente
18 sensor de la temperatura del motor (líquido refrigerante)
19 sensor de revoluciones del cigüeñal (inductivo)

D Periferia
20 Instrumento combinado con salida de señales para consumo de combustible número de revoluciones etc.
21 unidad de control del tiempo de incandescencia
22 bujía de espiga incandescente 23 interruptor del embraque
24 unidad de operación para el regulador de la velocidad de marcha (FGR)
25 compresor de aire acondicionado
26 unidad de operación para compresor de aire acondicionado
27 interruptor de marcha (de incandescencia y arranque)
28 interfaz de diagnóstico 29 batería
30 turbosobrealimentador
31 reTrigerador retroalimentación de gases de escape
32 actuador de la retroalimentación de gases de escape
33 actuador presión de sobrealimentación
34 bomba de depresión 35 motor.
CAN Controller Area Network
(bus de detos en serie en el automóvil)

Relación general del sistema unidad de bomba-inyector (UIS) y bomba-tubería-inyector (UPS) para vehículos industriales

A Alimentación de combustible (parte de baja presión)
1 Depósito de combustible con filtro previo
2 bomba de combustible con válvula de retención y bomba manual de alimentación
3 filtro de combustible 4 válvula limitadora de presión
5 refrigerador de combustible

B Parte de alta presión
UIS:
6 Unidad de bomba-inyector
UPS:
7 Unidad de bomba
8 tubería de alta presión
9 combinación de portainyector

C Regulación electrónica Diesel (EDC)
10 Sensor de temperatura de combustible
11 unidad de control 12 sensor de pedal acelerador
13 sensor de la velocidad de marcha (inductivo)
14 contacto de freno 15 sensor de temperatura del aire
16 sensor de revoluciones del árbol de levas (inductivo)
17 sensor de temperatura del a re de admisión
18 sensor de presión de sobrealimentación
19 sensor de la temperatura de motor (líquido retrigerante)
20 sensor de revoluciones del cigueñal (inductivo).

D Periferia
21 Instrumento combinado consalida de señales para consumo de combustible número de revoluciones etc.
22 unidad de control del tiempo de incandescencia
23 bujía de espiga incandescente 24 interruptor del embraque
25 unidad de operación para el regulador de la velocidad de marcha (FGR)
26 compresor de aire acondicionado
27 unidad de operación para compresor de aire acondicionado
28 interruptor de marcha (de incandescencia y arranque)
29 interfaz de diagnóstico 30 batería
31 turbosobrealimeAtador
32 actuador de la presión de sobrealimentación
33 bomba de depresión 34 motor.
CAN Controller Area Network
(bus de datos en serie en el automóvil)

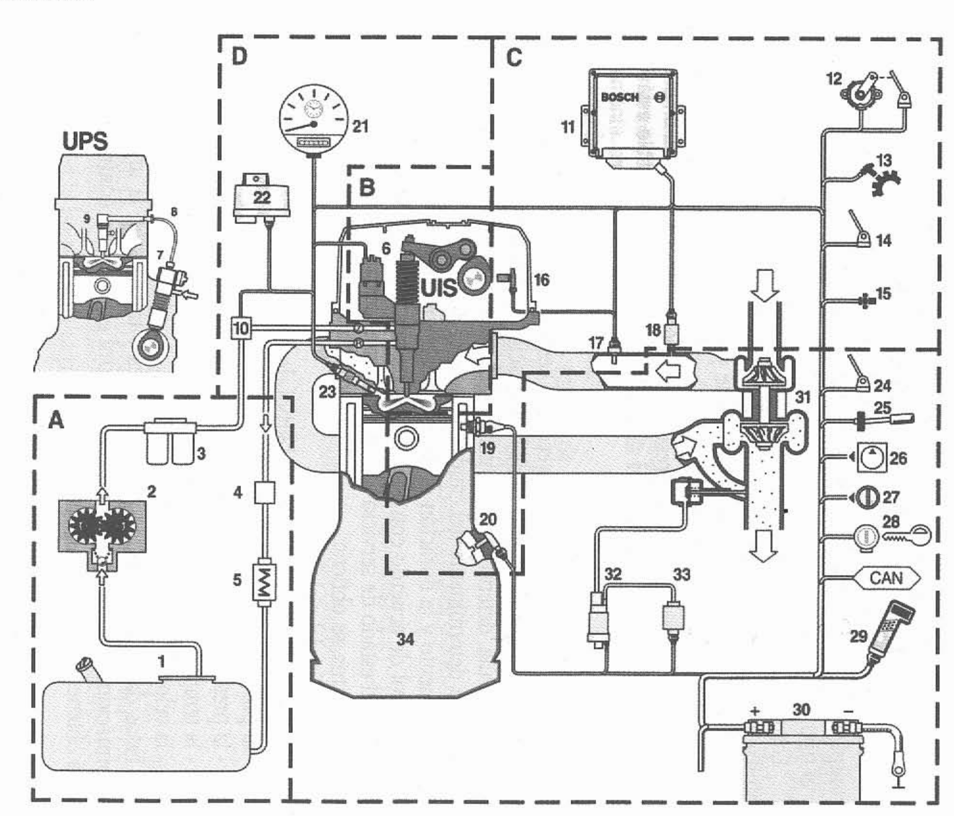


Figura 8.134.

La figura 8.132 presenta las interacciones básicas de las zonas. Las figuras 8.133 y 8.134 en las páginas siguientes presentan una relación general de ambos sistemas para turismos y vehículos industriales, junto con sus componentes. Muestran el equipamiento completo. Hay algunos de los componentes que no se necesitan, según el empleo previsto y el tipo del vehículo.

Los sistemas unidad de bomba-inyector y bomba-tubería-inyector tienen una estructura similar para vehículos industriales. Se diferencian únicamente por su parte de alta presión.

Las zonas alimentación de combustible y regulación electrónica Diesel son muy similares en la unidad de bomba-inyector y la bomba-tubería-inyector. Se explican en un capítulo común. Las partes de alta presión de la unidad de bomba-inyector y de la bomba-tubería-inyector serán tratadas por separado.

30.3. Funcionamiento

UIS y UPS son sistemas de inyección Diesel con control de tiempo a través de electroválvulas integradas. El momento de la activación de la electroválvula, y con ello el del cierre de la válvula, determina el comienzo de la alimentación; la duración de la activación es una medida determinante del caudal de inyección.

El momento y la duración de la activación son determinados por la unidad electrónica de control de acuerdo con los campos característicos programados. A su vez se tienen en cuenta el estado de servicio actual del motor y los datos del entorno.

Entre otros, se obtiene:
- el ángulo del cigueñal,
- el número de revoluciones del árbol de levas,
- la posición del pedal acelerador,
- la presión de sobrealimentación,
- la temperatura del aire de admisión, del líquido refrigerante y del combustible,
- la velocidad de marcha, etc.

Estos datos son detectados por sensores y tratados en la unidad de control. Con las informaciones obtenidas, la unidad de control es capaz de controlar y regular el vehículo para obtener un servicio de marcha óptimo.

30.3.1. Funciones básicas

Las funciones básicas controlan la inyección del combustible Diesel en el momento correcto, en la cantidad correcta y con la mayor presión posible. Aseguran un funcionamiento del motor Diesel favorable en consumo, poco nocivo y silencioso.

30.3.2. Funciones adicionales

Otras funciones adicionales de control y regulación sirven para reducir las emisiones de gases de escape y el consumo de combustible, o bien aumentan la seguridad y el confort.

Ejemplos de ellas son:
- retroalimentación de gases de escape,
- regulación de la presión de sobrealimentación,
- desconexión de cilindro,
- regulación de la velocidad de marcha,
- inmovilizador electrónico, etc.

En el vehículo industrial, cuando la carga es elevada, por regla general no hay ninguna caida de presión desde el codo de escape delante de la turbina hasta el tubo de admi-

sión detrás del compresor. Por ello se necesitan dispositivos adicionales para la conducción enfriada y regulada de los gases de escape como p.ej. un turbocompresor de geometría variable de turbina VTG o un tubo de Venturi. Actualmente hay varios sistemas en fase de desarrollo, pero ninguno de ellos se ha sabido imponer hasta ahora.

El sistema bus CAN en serie hace posible el intercambio de datos con otros sistemas electrónicos del vehículo (p.ej. ABS, control electrónico del cambio). Una interfaz de diagnóstico permite realizar, a la hora de la inspección del vehículo, la evaluación de los datos del sistema almacenados y de la memoria de averías.

31. ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE (PARTE DE BAJA PRESIÓN)

La alimentación de combustible tiene la misión de almacenar el combustible necesario filtrarlo y poner a disposición del sistema de inyección una cierta presión de alimentación en todas las condiciones de servicio. En algunas aplicaciones se refrigera adiconalmente el combustible de retorno.

La alimentación de combustible abarca los siguientes componentes esenciales:
- depósito de combustible (1),
- filtro previo (no en la unidad de bombainyector para turismos) (2),
- refrigerador de la unidad de control (opcional) (3),
- bomba previa (opcional, en turismos también bomba intradepósito) (4),
- filtro de combustible (5),
- bomba de combustible (baja presión) (6),
- válvula reguladora de presión (válvula de descarga) (7),
- refrigerador de combustible (opcional) (9),
- tuberías de combustible de baja presión.

Algunos componentes pueden formar grupos constructivos (p. ej. bomba de combustible con válvula limitadora de presión). En las bombas de inyección distribuidora de émbolo axial y las de émbolos radiales así como en el Common Rail, la bomba de combustible está integrada en la bomba de alta presión.

31.1. Depósito de combustible

El depósito almacena el combustible. El depósito de combustible debe ser resistente a la corrosión y mantenerse estanco incluso a una sobrepresión de servicio doble, por lo menos hasta 0,3 bar de sobrepresión. La sobrepresión producida debe poder escapar por si misma a través de aberturas apropiadas o válvulas de seguridad. Circulando por curvas, en posición inclinada o en caso de choques, el combustible no debe salir por la tapa de la boca de llenado o por los dispositivos para compensación de presión. El depósito debe estar separado del motor de tal forma que se evite la inflamación del combustible, incluso en accidentes.

31.2. Tuberías de combustible

Para la parte de baja presión pueden emplearse además de tubos metálicos, también tuberías flexibles con armadura de mallazo de acero, que sean dificilmente inflamables. Las tuberías deben estar dispuestas de tal forma que se impidan los daños mecánicos y que el combustible que gotea o se evapora no pueda acumularse ni inflamarse. Las tuberías de

Partes que integran la alimentación de combustible (parte de baja presión)

1 Depósito de combustible 2 filtro previo 3 refrigerador de unidad de control 4 bomba previa con válvula de retención 5 filtro de combustible 6 bomba de combustible 7 válvula reguladora de presión (UIS UPS) 8 tubo distribuidor (UIS para turismos) 9 refrigerador de combustible (UIS UPS CR)

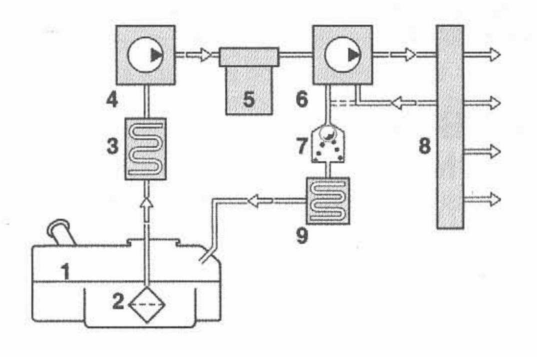


Figura 8.135.

Filtro de combustible Diesel con separador de agua.

1 Entrada, 2 salida, 3 elemento filtrante, 4 tornillo de vaciado de agua, 5 tapa, 6 cuerpo, 7 tubo de apoyo, 8 recinto acumulador de agua.

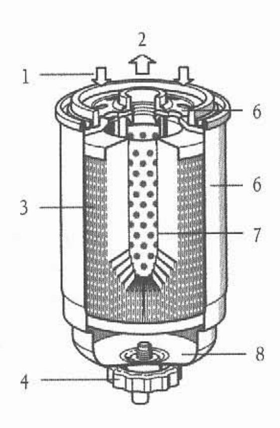


Figura 8.136.

combustible no deben quedar afectadas en su función en caso de deformaciones del vehículo, movimiento del motor o similares. Todas las piezas que conducen combustible deben estar protegidas contra el calor perjudicial para su servicio. En los autobuses, las tuberías de combustible no deben estar en el compartimiento de pasajeros o del conductor, y el combustible no debe ser transportado por gravedad.

31.3. Filtro de combustible Diesel

Tiene la misión de reducir las impurezas del combustible atribuibles a partículas. Asegura, por lo tanto, una pureza mínima del combustible delante de los componentes sensibles al desgaste. Aparte de ello es necesario que el filtro de combustible cuente con una capacidad suficiente de acumulación de gasoil para garantizar unos intervalos de mantenimiento suficientemente amplios. Si un filtro queda obstruido, se reduce el caudal suministrado de combustible, disminuyendo la potencia del motor.

Los equipos de inyección de gran precisión para motores Diesel reaccionan de forma muy sensible frente a la mínima cantidad de impurezas. Por ello rigen unas exigencias muy elevadas en cuanto a la protección contra el desgaste para garantizar la fiabilidad, el consumo de combustible y los valores límite para las emisiones durante toda la vida útil del vehículo (1.000.000 km en caso de vehículos industriales). De aquí que el filtro de combustible se adaptará al sistema de inyección correspondiente.

Para satisfacer unas exigencias especialmente altas en lo que a la protección contra el desgaste y/o el intervalo de matenimiento se refiere, se hace uso de sistemas de filtraje con un filtro fino y un filtro previo.

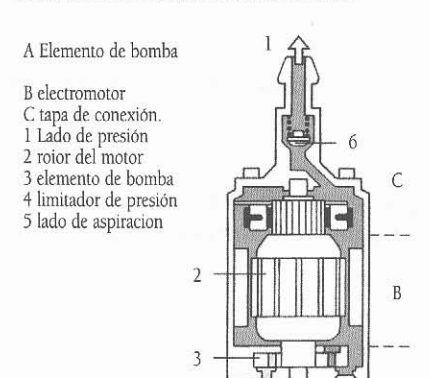


Figura 8.137.

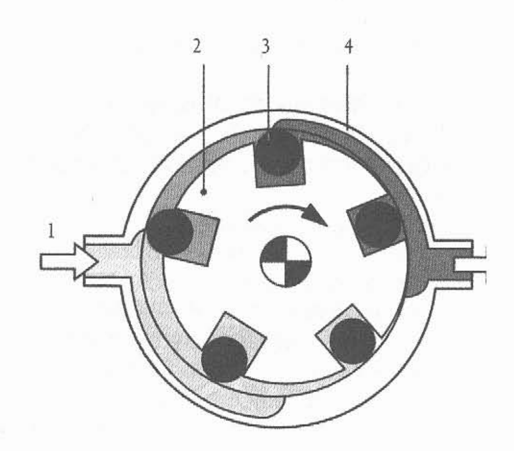


Figura 8.138.

31.4. Situación y Misiones

31.4.1. Filtro previo para bombas previas

El filtro previo (figura 8.135, 2) es, normalmente, un filtro-tamiz con 0,3 mm de abertura de malla y dentro del depósito.

31.4.2. Filtro principal

Los filtros fácilmente intercambiables (figura 8.135), con elemento filtrante plegado en estrella o arrollado (3), están muy difundidos. Estos se atornillan en una consola portafiltros. Igualmente es posible montar dos filtros en paralelo (capacidad mayor de acumulación) o en serie (filtro escalonado para incrementar el grado de separación, o filtro fino con filtro previo adaptado). Últimamente vuelven a utilizarse filtros de caja donde lo único que se cambia es el cartucho.

31.4.3. Separador de agua

El combustible puede contener agua emulsionada o libre (p.ej. agua de condensación debida al cambio de temperaturas) que no debe llegar al equipo de inyección.

Debido a las diferencias en la cohesión molecular del agua y del combustible que impide una mezcla homogénea, se forman gotitas de agua en el medio filtrante (coalescencia). Éstas se acumulan en el recinto acumulador de agua (8). Para supervisar el nivel del agua se utilizan sensores de conductibilidad.

31.4.4. Precalentamiento del combustible

El calentamiento del combustible evita la obstrucción de los poros del filtro por los cristales de parafina durante el invierno. Los componentes principalmente integrados en

los filtros calientan el combustible eléctricamente, mediante agua refrigerante o a través del retorno del combustible.

31.4.5. Bombas manuales

Sirven para el llenado y la purga de aire del sistema después de haberse cambiado el filtro. Se sitúan integradas en la tapa del filtro.

31.5. Bomba de combustible

La misión de la bomba de combustible en la parte de baja presión (bomba previa) consiste en suministrar una cantidad suficiente de combustible a los componentes de alta presión,

- en cualquier estado de servicio,
- con un nivel de ruidos bajo,
- con la presión necesaria y
- a lo largo de toda la vida útil del vehículo.

Tanto en las bombas de inyección distribuidoras de émbolo axial como en las de émbolos radiales está integrada una bomba previa de aletas en la bomba de inyección.

La bomba de combustible aspira el combustible, extrayéndolo del depósito de combustible, y transporta continuamente el caudal de combustible necesario (caudal de inyección y barrido) en dirección al sistema de inyección de alta presión (60...200l/h, 300...700kPa). Muchas de las bombas purgan el aire que contienen ellas mismas, de modo que el arranque es posible incluso si el depósito de combustible ha quedado vacío.

Hay tres ejecuciones:

- electrobombas de combustible (turismos),
- bombas de combustible de engranajes con accionamiento mecánico y
- bombas de combustible en tándem (unidad de bomba-inyector, turismos).

Bomba de combustible de engranajes (esquema).
1 Lado de aspiración, 2 rueda dentada de accionamiento, 3 lado de presión.

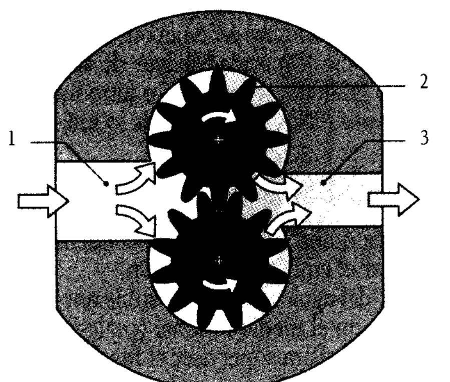


Figura 8.138.

31.5.1. Electrobomba de combustible, EKP

La electrobomba de combustible (figuras 8.137 y 8.138 se aplica únicamente en turismos y vehículos industriales ligeros. Junto a la función de suministrar combustible, tiene además la de interrumpir el suministro de combustible en caso necesario.

Existen electrobombas de combustible en tubería (intralinea) o montadas en el depósito (intradepósito). Las bombas de montaje en tubería se encuentran fuera del depósito de combustible, en la tubería de combustible, entre el depósito de combustible y el filtro de combustible, en el piso del vehículo. Las bombas de montaje en el depósito se encuentran, por el contrario, dentro del depósito de combustible en un soporte especial, que normalmente contiene también un tamiz de combustible por el lado de aspiración, una indi-

cación del nivel de llenado, un cuerpo de rotación como reserva de combustible, así como conexiones eléctricas e hidráulicas hacia el exterior.

Comienza a funcionar con el arranque del motor, de forma contínua y de forma independiente al régimen del motor. La bomba transporta el combustible contínuamente desde el depósito de combustible, a través de un filtro, hacia el sistema de inyección. El combustible excedente retorna al depósito de combustible a través de una válvula de descarga.

Mediante un circuito de seguridad se impide el suministro de combustible con el "encendido conectado y el motor parado".

Las electrobombas de combustible constan de los tres elementos funcionales siguientes en un mismo cuerpo:

31.5.2 Elemento de bomba (figura 8.137, A)

Para aplicaciones Diesel generalmente se emplean bombas celulares de rodillos.

La bomba celular de rodillos (figura 8.138) es una bomba de desalojo. Consta de una placa básica (4) dispuesta excéntricamente, en la que gira un disco ranurado (2). En cada ranura se encuentra un rodillo conducido suelto (3). Debido a la fuerza centrífuga durante la rotación del disco ranurado y por la presión del combustible se empujan los rodillos contra la pista de rodillos situada exteriormente y contra los flancos propulsores de las ranuras. Los rodillos actúan aquí como juntas en rotación. Así se forma una cámara entre cada dos rodillos del disco ranurado y la pista de deslizamiento de los rodillos. El efecto de bombeo se produce por el hecho de que el volumen de la cámara se reduce continuamente tras cerrarse la abertura de entrada (1) en forma de riñón.

Electromotor (figura 8.137, posición B)

El electromotor consta de un sistema de imán permanente y de un rotor (2). El dimensionado depende del caudal de suministro deseado con una presión del sistema determinada. El electromotor está rodeado continuamente de combustible refrigerándose así ininterrumpidamente. De esta forma puede conseguirse una elevada potencia del motor sin complejos elementos estanqueizantes entre el elemento de bomba y el electromotor.

31.5.3. Tapa de conexión (figura 8.137, posición C)

La tapa de conexión contiene las conexiones eléctricas y la conexión hidráulica por el lado de impulsión. Una válvula de retención (6) impide que las tuberías de combustible se vacíen después de desconectar la bomba de combustible. Adicionalmente pueden estar integrados elementos supresores de vibraciones en la tapa de conexión.

31.6. Bomba de combustible de engranajes

La bomba de combustible de engranajes (figura 8.139) se aplica para la alimentación de los módulos de inyección de los sistemas de bombeo individuales y del sistema Common Rail. Está fijada directamente en el motor o integrada en la bomba de alta presión Common Rail. El accionamiento se efectúa mediante acoplamiento, rueda dentada o correa dentada.

Los elementos constructivos esenciales son dos ruedas dentadas que giran en sentido opuesto y que engranan mutuamente, transportando el combustible en los huecos entre dientes, desde el lado de aspiración (1) al lado de presión (3). La línea de contacto de las ruedas dentadas realiza el estanqueizado entre el lado de aspiración y el lado de presión, e impide que el combustible pueda fluir hacia atrás. El caudal de suministro es aproximada-

mente proporcional al número de revoluciones del motor. Por este motivo, la regulación del caudal se realiza bien por regulación de estrangulación en el lado de aspiración, o bien por una válvula de descarga en el lado de presión.

La bomba de combustible de engranajes funciona exenta de mantenimiento. Para la purga de aire del sistema de combustible en el primer arranque o si se ha vaciado el depósito de combustible, puede estar montada una bomba manual bien directamente en la bomba de engranajes, o bien en la tubería de baja presión.

Bomba de aletas de bioqueo (esquerna)

1 Rotor 2 lado de aspiración (entrada) 3 muelle 4 aleta de bloqueo 5 lado de presión

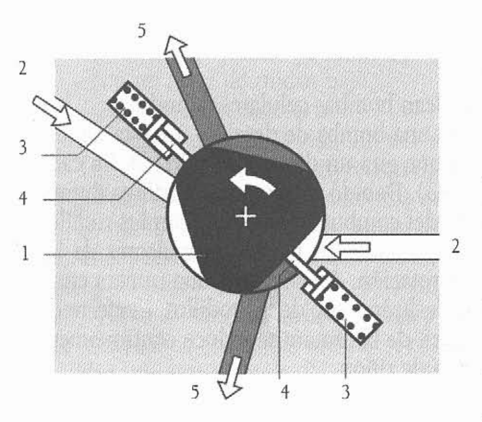


Figura 8.140.

Bomba de combustible en una bomba en tándem

1 Retorno depósito 2 entrada depósito 3 elemento de bomba (rueda dentada) 4 taladro estrangulador 5 filtro 6 estrangulador de aspiración 7 válvula de sobrepresión 8 conexión para medición de presión 9 entrada inyector 10 retorno inyector 11 válvula de retención 12 by-pass

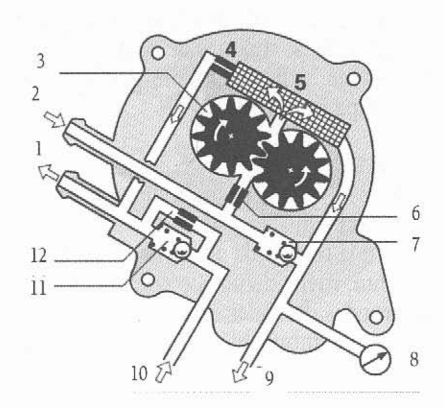


Figura 8.141.

31.7. Bomba de aletas de bloqueo

En la bomba de aletas de bloqueo (figura 8.140) para la unidad de bomba-inyector de turismos hay unos muelles (3) que presionan dos aletas de bioqueo (4) contra un rotor (1). Si el rotor gira, aumenta el volumen en el lado de aspiración (2), y el combustible es aspirado hacia dos cámaras. En el lado de presión (5) disminuye el volumen, y el combustible es transportado fuera de dos cámaras. La bomba de aletas de bloqueo transporta incluso si el número de revoluciones es muy reducido.

31.8. Bomba en tándem

La bomba de combustible en tándem para la unidad de bomba-inyector en turismos es una unidad constructiva que consta de bomba de combustible (figura 8.141) y bomba de vacío para el servofreno. Está montada en la culata del motor y es accionada por el árbol de levas del motor. La bomba de combustible en sí es una bomba de aletas de bloqueo o una bomba de enpranajes (3). Debido a ello suministra, incluso con un número bajo de revoluciones del motor (régimen de arranque), un caudal lo suficientemente grande para el arranque seguro. En la bomba están integradas diversas válvulas y estranguladores:

– Estrangulador de aspiración (6): El caudal de alimentación de la bomba es mayormente proporcional a su velocidad de rotación. El estrangulador de aspiración limita el caudal máximo de alimentación, de modo que no se transporte un exceso de combustible.

– Válvula de sobrepresión (7): Ésta válvula limita la presión máxima en la parte de alta presión.

– Taladro estrangulador (4): Las burbujas de vapor en el recorrido de avance del combustible son separadas a través del taladro estrangulador hacia el retorno de combustible (1).

– By-pass (12): Si hay aire en el sistema de combustible, la válvula reguladora de presión para la baja presión permanece cerrada. El aire es expulsado del sistema a través del bypass por el combustible que va entrando.

Una canalización en la bomba cuida de que las ruedas dentadas no marchen en seco, aún cuando se haya vaciado el depósito de combustible. De esta forma puede ser aspirado el combustible durante el nuevo arranque.

En la bomba de combustible se encuentra una conexión que permite comprobar la presión del combustible en el recorrido de avance (3).

Válvula reguladora de presión para la unidad de bomba-inyector y bomba-tubería-inyector (válvula de acumulador de émbolo de acero)

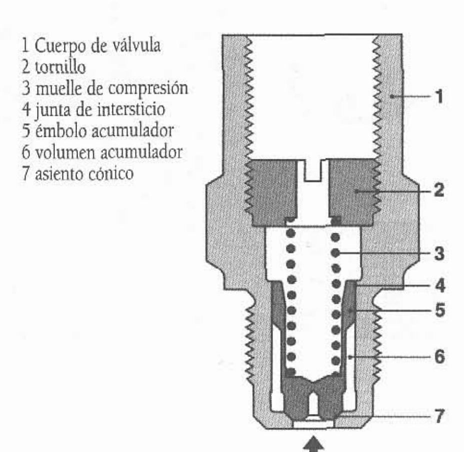


Figura 8.142.

31.9. Tubo distribuidor

En la unidad de bomba-inyector para turismos, un tubo distribuidor distribuye el combustible uniformemente y a la misma temperatura entre los inyectores de forma que esté asegurada la marcha suave del motor.

31.10. Válvula reguladora de la baja presión

La válvula reguladora de presión (también válvula de descarga, figura 8.142) está montada en el retorno de combustible. Cuida de que en cualquier estado de servicio haya una presión suficiente en la parte de baja presión de la unidad de bomba-inyector y de la bomba-tubería inyector, y con ello del llenado uniforme de las bombas. El émbolo acumulador (5) abre a una "presión de rotura" de aprox. 3...3,5 bar. El asiento cónico (7) libera el volumen acumulador (6). A través de la junta de intersticio (4) puede fluir muy poco combustible de fuga. Según la presión del combustible, el muelle de compresión (3) será comprimido en grado mayor o menor. De este modo se modifica el volumen acumulador, pudiéndose compensar las variaciones menores de la presión. Con una presión de apertura de 4...4,5 bar se abrirá también la junta de intersticio. La válvula se cerrará al disminuir la presión del combustible. Para el ajuste previo de la presión de apertura hay dos tornillos (2) con variación del escalonamiento del tope elástico.

31.11. Refrigerador de unidad de control

Las unidades de bomba-inyector y bombas-tubería-inyector para vehículos industriales necesitan un refrigerador de unidad de control si dicha unidad está montada directamente en el motor. El combustible sirve de medio refrigerante. Éste fluye a lo largo de la unidad de control a través de canales de refrigeración y absorbe el calor del sistema electrónico.

Circuito de refrigeración del combustible

1 Bomba de combustible 2 sensor de temperatura de combustible 3 refrigerador de combustible 4 depósito de combustible 5 depósito de compensación 6 circuito de refrigeración del motor 7 bomba del líquido refrigerante 8 refrigerador adicional

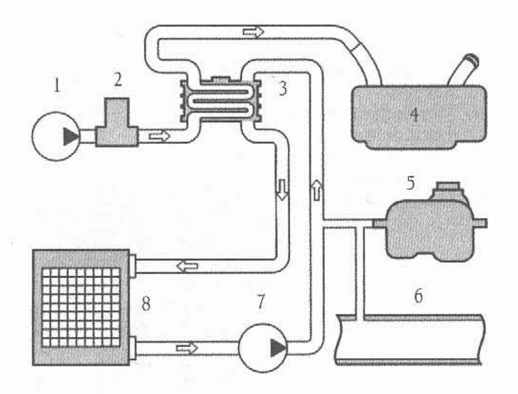


Figura 8.143.

31.12. Refrigerador de combustible

Debido a la presión elevada en el inyector de la unidad de bomba-inyector para turismos y algunos Common Rail, el combustible se calienta tan intensamente que requiere ser enfriado, antes del retorno, para proteger el depósito de combustible y el sensor del nivel de llenado. El combustible fluye a través del refrigerador (intercambiador de calor, figura 8.143, 3) y cede energía térmica al líquido refrigerante. El circuito de refrigeración del combustible está separado del circuito de refrigeración del motor (6) debido a que con el motor caliente la temperatura del líquido refrigerante es demasiado elevada como para poder enfriar el combustible. Cerca del depósito de compensación (5) el circuito de refrigeración del combustible comunica con el circuito de refrigeración del motor para que se pueda llenar el circuito de refrigeración del combustible, compensándose así las variaciones de volumen a causa de oscilaciones de la temperatura.

32. UNIDAD DE BOMBA-INYECTOR (UI)

La unidad de bomba-inyector tiene la misión de inyectar el combustible, en todas las áreas de servicio y durante toda la vida útil, en el cilindro del motor en el momento determinado por la unidad de control en una cantidad exacta y a la presión necesaria. A su vez sustituye a la combinación de portainyector de los sistemas convencionales de inyección. Debido a ello, no se necesitan tuberías de alta presión, lo que tiene un efecto positivo en el comportamiento de inyección.

32.1. Montaje y accionamiento

Por cada cilindro del motor hay una unidad de bomba-inyector montada directamente en la culata (figura 1). El inyector (4) integrado en la unidad de bomba-inyector penetra en la cámara de combustión (8). El árbol de levas del motor (2) tiene para cada unidad de bomba-inyector una leva de accionamiento. La carrera de leva es transmitida por un balancin (1) al émbolo de la bomba (6). En consecuencia, éste sube y baja.

Además de la activación eléctrica, el comienzo de inyección y el caudal de inyección dependen de la velocidad actual del émbolo de la bomba, la cual es determinada por la forma de la leva. Por ello el árbol de levas debe estar fabricado con precisión. Las fuerzas que se generan durante el servicio lo incitan a oscilaciones giratorias, lo que puede ejercer una influencia negativa en la característica de inyección y la tolerancia de caudal. Es importante un dimensionado adecuado del accionamiento de las bombas individuales (acciona-

Montaje de la unidad de bomba-inyector

1 Balancín 2 árbol de levas del motor 3 electroválvula 4 inyector 5 conexión eléctrica 6 émbolo de bomba 7 unidad de bomba-inyector 8 cámara de combustión del motor

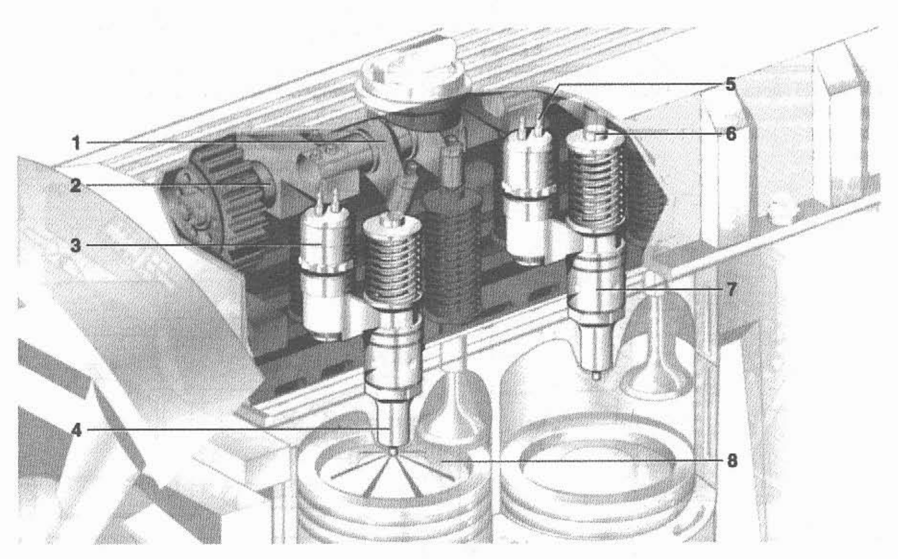


Figura 8.144.

Montaje de la unidad de bomba-inyector en la culata

1 Electroválvula de alta presión 2 muelle de reposición 3 culata. 4 cuerpo de la unidad de bomba-inyector 5 cámara de alta presión 6 inyector 7 balancín 8 levas de accionamiento 9 garra de fijación 10 retorno de combustible 11 entrada de combustible 12 tuerca de fijación 13 válvula de motor

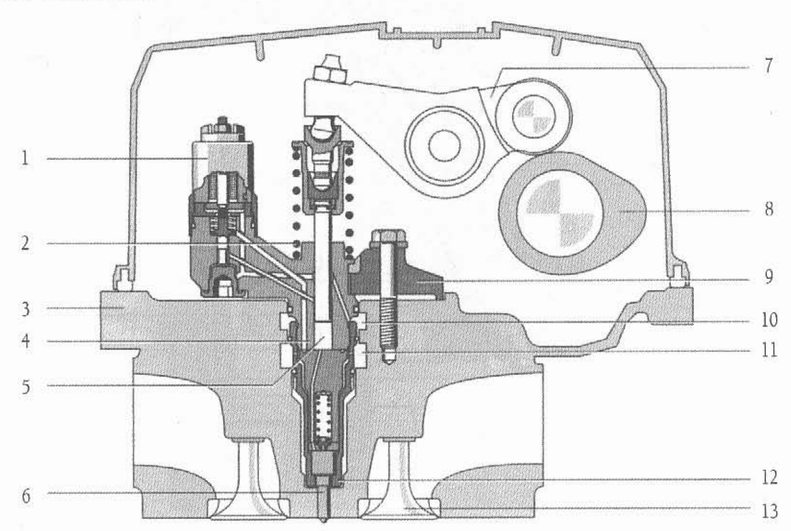


Figura 8.145.

Estruetura de la unidad de bomba-inyector para turismos

1 Perno esférico 2 muelle de reposición 3 émbolo de bomba 4 cuerpo de bomba 5 conector 6 núcleo magnético 7 muelle de compensación 8 aqula de electrová vula 9 inducido 10 bobina del electroimán 11 retorno de combustible (parte de baja presión) 12 junta 13 taladros de entrada (aprox. 350 agujeros taladrados con láser como filtro) 14 tope hidráulico (unidad de amortiguación) 15 asiento de aguja 16 arandela estanqueizante 17 cámara de combustión del motor 18 aguja del inyector 19 tuerca de filación 20 inyector integrado 21 culata del motor 22 muelle de compresión (muelle de inyector) 23 émbolo acumulador (émbolo alternativo) 24 cámara acumuladora 25 cámara de alta presión (recinto del elemento) 26 muelle de electroválvula 27 árbol de levas de accionamiento 28 balancín de rodillo

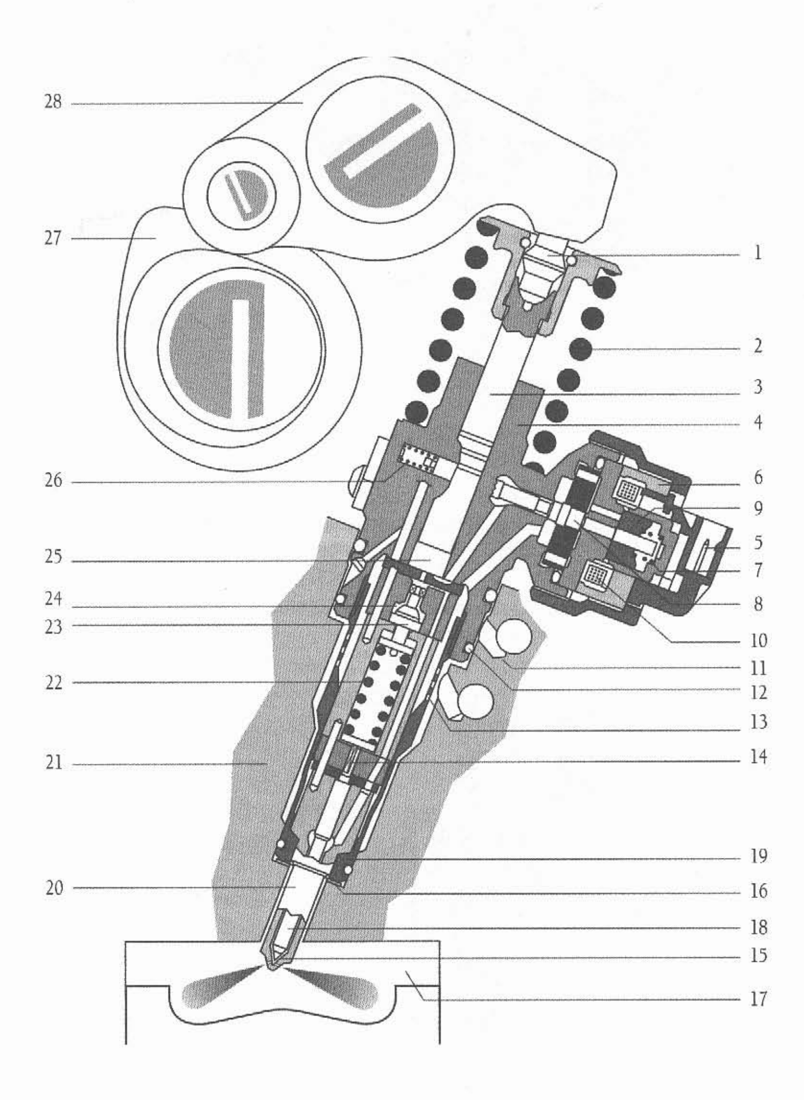


Figura 8.146.

Estructura de la unidad de bomba-inyector para vehículos industriales

1 Perno esférico 2 muelle de reposición 3 émbolo de bomba 4 cuerpo de bomba 5 conexión 6 núcleo magnético 7 tuerca de fijación de electroválvula 8 aguja de electroválvula 9 placa del inducido 10 bobina del electroimán 11 retorno de combustible (parte de baja presión) 12 junta 13 entrada de combustible 14 tapón de alta presión 15 tapón de baja presión 16 tope para la carrera de la electroválvula 17 estrangulador 18 sujetamuelles 19 tuerca de fijación 20 inyector integrado 21 culata del motor 22 muelle de compresión (muelle de inyector) 23 perno de presión 24 disco intermedio 25 cámara de alta presión (recinto del elemento) 26 muelle de electroválvula.

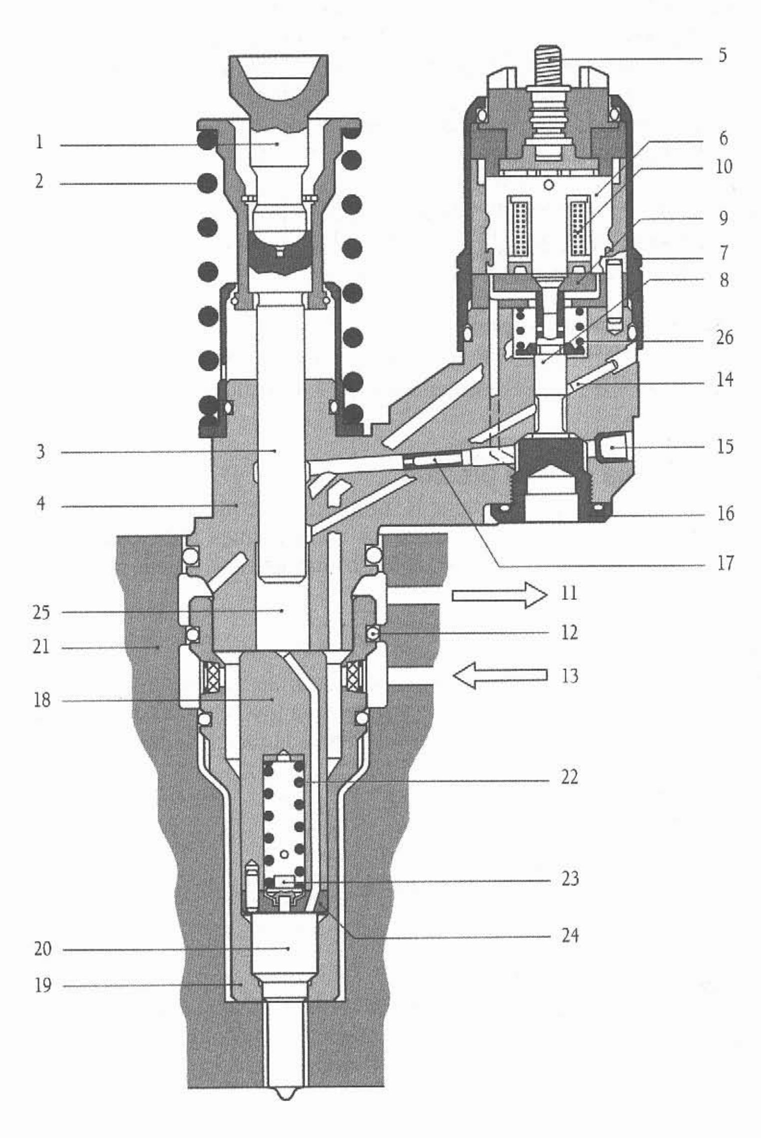


Figura 8.147.

miento del árbol de levas, árbol de levas, balancín, cojinete del balancín) para la reducción de las oscilaciones.

32.2. Estructura

El cuerpo de la unidad de bomba-inyector (figura 8.145, posición 4) sirve de cilindro de bomba. Posee un brazo en el cual está integrada la electroválvula de alta presión (1). El cuerpo establece las comunicaciones entre la cámara de alta presión (5) (llamada también recinto del elemento) y la electroválvula/parte de baja presión o inyector (6) a través de unos taladros internos. El contorno exterior está configurado de tal forma que sea posible la fijación mediante garras (9) en la culata del motor (3). El muelle de reposición (2) presiona el émbolo de la bomba contra el balancín (7), y éste contra la leva de accionamiento (8). De este modo se evita durante el servicio la separación del émbolo, el balancín y la leva. Una vez concluida la inyección, el muelle presiona el émbolo de vuelta a la posición inicial.

Las figuras 8.146 y 8.147 en las páginas siguientes presentan la estructura detallada de las unidades de bomba-inyector para turismos y vehículos industriales.

La unidad de bomba-inyector se divide en las siguientes unidades funcionales:

32.3. Generación de alta presión

Los componentes principales de la generación de alta presión son el cuerpo de la bomba (figuras 8.146 y 8.147) (4), con el émbolo de la bomba (3) y el muelle de reposición (2).

32.4. Electroválvula de alta presión

La electroválvula de alta presión tiene la misión de determinar el momento de inyección y la duración de inyección. Consta de los componentes principales bobina (10), aguja de electroválvula (8), inducido (9), núcleo magnético y muelle de electroválvula (26).

32.5. Inyector

El inyector (20) pulveriza y distribuye el combustible exactamente dosificado en la cámara de combustión y conforma así el desarrollo de la inyección. El inyector está adosado al cuerpo de la unidad de bomba-inyector mediante la tuerca de fijación (19).

32.6. Funcionamiento

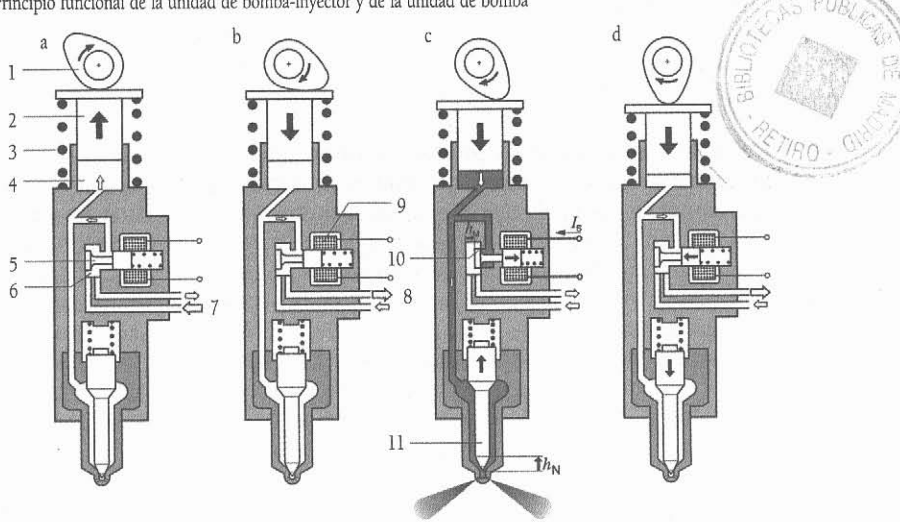
32.6.1. Inyección principal

La función de los sistemas de bombeo individuales puede dividirse en cuatro estados de servicio (figura 8.148):

32.6.2. Carrera de aspiración (a)

El émbolo de la bomba (2) es movido hacia arriba mediante el muelle de reposición (3). El combustible, que se encuentra permanentemente bajo sobrepresión fluye desde la parte de baja presión de la alimentación de combustible, a través de los taladros de entrada integrados en el bloque del motor y el canal de entrada (7), a la cámara de la electroválvula (6). La electroválvula está abierta. El combustible llega a través de un taladro de comunicación a la cámara de alta presión (4, llamada también recinto del elemento).

Principio funcional de la unidad de bomba-inyector y de la unidad de bomba



Estados de servicio:
a Carrera de aspiración
b carrera previa
c carrera de suministro
d carrera residual.
1 Leva de accionamiento
2 émbolo de bomba
3 muelle de reposición
4 cámara de alta presión
(recinto del elemento)
5 apuja de electroválvula
6 cámara de la electroválvula
7 canal de entrada
8 canal de retorno
9 bobina
10 asiento de electroválvula
11 aguja del inyector.

I_s Corriente de bobina
h_M carrera de la aguja de electroválvala
P_e presión de inyección
h_N carrera de la apuja de inyector

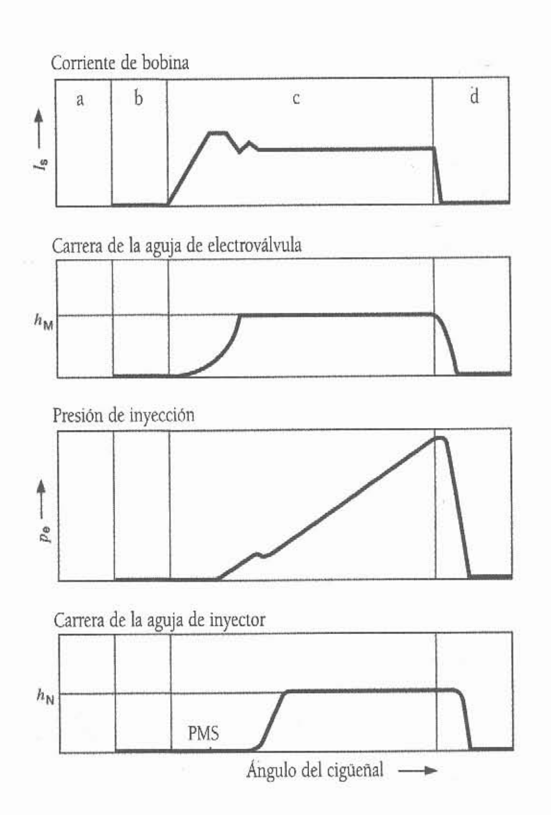


Figura 8.148.

32.6.3. Carrera previa (b)

El émbolo de bomba baja debido al giro de la leva de accionamiento (1). La electroválvula está abierta y el combustible es presionado por el émbolo de bomba, a través del canal de retorno (8), a la parte de baja presión de la alimentación de combustible.

32.6.4. Carrera de alimentación y proceso de inyección (c)

La unidad de control suministra corriente a la bobina del electroimán (9) en un momento determinado, de modo que la aguja de la electroválvula es atraida al asiento (10), cortándose la comunicación entre la cámara de alta presión y la parte de baja presión. Este momento se denomina "comienzo de inyección eléctrico". El cierre de la aguja de la electroválvula se traduce en un cambio de la corriente de la bobina. Esto lo detecta la unidad de control (detección BIP).

De este modo se puede averiguar el comienzo de suministro real, teniéndolo en cuenta para calcular el siguiente proceso de inyección. La presión del combustibie en la cámara de alta presión aumenta debido al movimiento del émbolo de la bomba. Debido a ello aumenta también la presión en el inyector.

Principio funcional de la inyección previa mecánica en la unidad de bomba-inyector

a Posición de reposo b comienzo de la inyección previa c fin de la inyección previa d inyección principal.
1 Émbolo de bomba 2 cámara de alta presión 3 émbolo de acumulador 4 cámara de acumulador 5 muelle de compresión 6 cámara de sujetamuelles 7 aguja del inyector

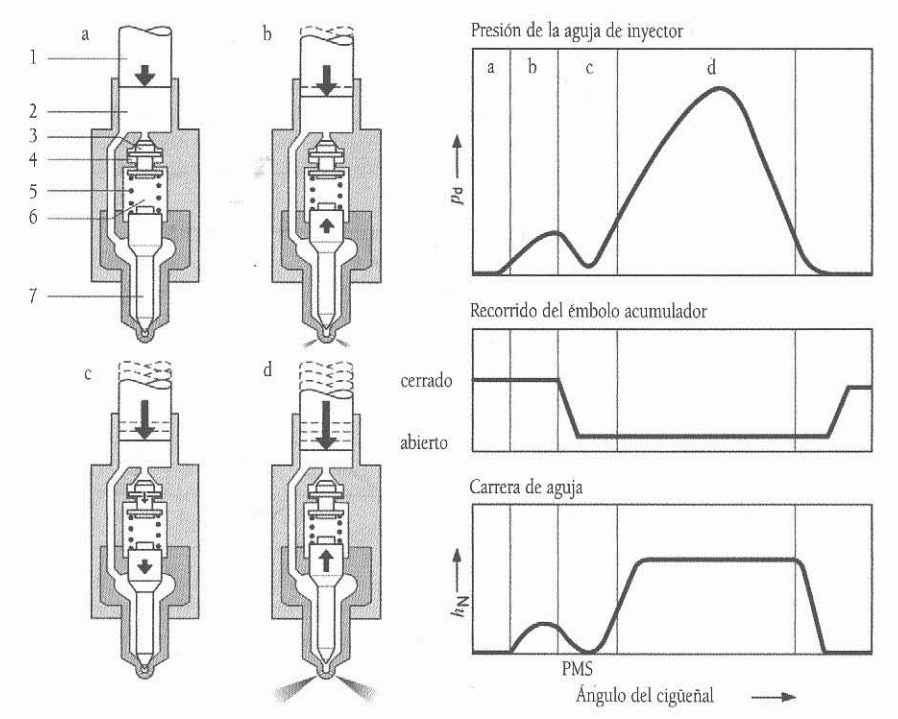


Figura 8.149.

Al alcanzarse la presión de apertura de inyector de aprox. 300 bar se levantará la aguja del inyector (11) y el combustible se inyecta en la cámara de combustión ("comienzo de inyección real") o comienzo de alimentación. A causa del elevado caudal de alimentación del émbolo de bomba sigue aumentando la presión durante todo el proceso de inyección.

32.6.5. Carrera residual (d)

Si se desconecta la bobina del electroimán, la electroválvula se abre después de un breve tiempo de retardo y habilita nuevamente el paso a través de la comunicación entre la cámara de alta presión y la parte de baja presión.

En la fase de transición entre la carrera de alimentación y la carrera residual se alcanza la presión punta. Esta varía, según el tipo de bomba, entre 1800 y 2050 bar como máximo. Después de estar abierta la electroválvula, la presión cae rápidamente. Al haberse quedado debajo del valor de la presión de cierre de inyector, el inyector se cerrará y finalizará el proceso de inyección.

El combustible restante, suministrado por el elemento de bomba hasta la cúspide de la leva de accionamiento, es presionado hacia la parte de baja presión a través del canal de retorno.

Los sistemas de bombeo individuales son seguros intrínsecamente, o sea que en caso de un fallo, sumamente improbable, no se podrá producir más que una sola inyección descontrolada:

Si la electroválvula permanece abierta no se podrá inyectar, puesto que el combustible fluirá de vuelta a la parte de baja presión, no siendo posible formar presión alguna.

Como el llenado de la cámara de alta presión se efectúa exclusivamente a través de la electroválvula, el combustible no puede llegar a la cámara de alta presión si la electroválvula está permanentemente cerrada. En este caso a lo sumo se podrá inyectar una sola vez.

Puesto que la unidad de bomba-inyector está montada en la culata, está expuesta a temperaturas elevadas. Para mantener en el nivel más bajo posible las temperaturas en la unidad de bomba-inyector, se refrigera mediante el combustible que regresa a la parte de baja presión.

Existen unas medidas idóneas en la entrada a la unidad de bomba-inyector, para asegurar que las diferencias de temperatura del combustible de cilindro a cilindro sean mínimas.

32.7. Inyección previa (turismos)

En la unidad de bomba-inyector para turismos se ha integrado una inyección previa con activación mecánico-hidráulica para la disminución de los ruidos y contaminantes. Existen cuatro estados de servicio (figura 8.149):

32.7.1. Posición de reposo

La aguja del inyector (7) y el émbolo acumulador (3) (llamado también émbolo alternativo) se encuentran en su asiento. La electroválvula está abierta, siendo imposible el aumento de presión.

32.7.2. Comienzo de la inyección previa

Si se cierra la electroválvula, comienza el aumento de presión. Al alcanzarse la presión de apertura de inyector, se levanta la aguja del inyector y la inyección previa comienza. Durante esta fase se limita hidráulicamente la carrera de la aguja del inyector mediante una unidad de amortiguación.

Electroválvula de alta presión para unidad de bomba-inyector para turismos

1 Muelle de válvula 2 aguja de válvula 3 zona de alta presión 4 zona de baja presión 5 disco de compensac ón 6 boi~ina 7 cápsula 8 conector 9 sección de paso poMa válvula 10 superficie estanqueizante del cuerpo de válvula 11 superFicie estanqueizante de la apuja de válvula 12 cuerpo de válvula integrado 13 tuerca de racor 14 disco magnético 15 núcleo magnético 16 inducido 17 muelle de compensación

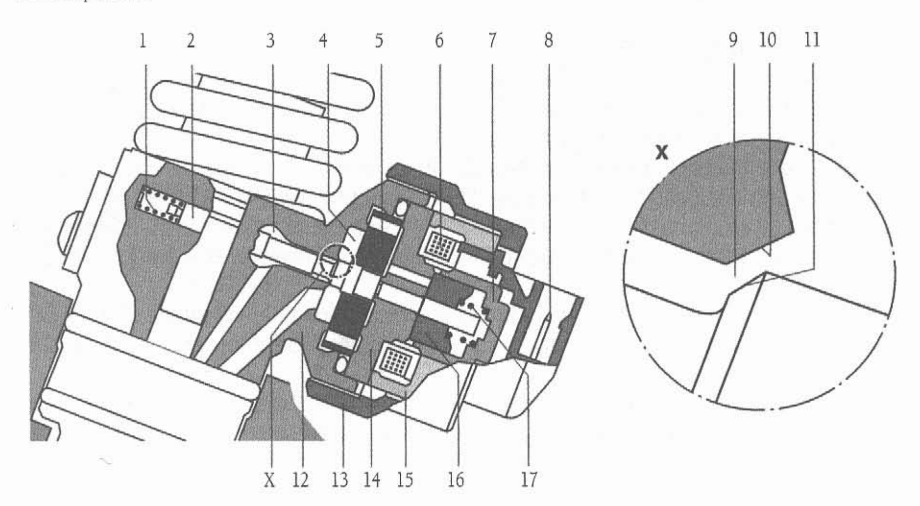


Figura 8.150.

32.7.3. Fin de la inyección previa

Si la presión sigue aumentado, el émbolo acumulador se levantará de su asiento. Se establece una comunicación entre la cámara de alta presión (2) y la cámara acumuladora (4). La disminución de presión así originada y el aumento simultáneo de la tensión previa del muelle de compresión (5) hacen que la aguja del inyector se cierre. La inyección previa está concluida.

El caudal de inyección previa que asciende a unos 1,5 mm es determinado esencialmente por la presión de apertura del émbolo acumulador.

32.7.4. Comienzo de la inyección principal

Debido al movimiento continuo del émbolo de la bomba sigue aumentando la presión en la cámara de alta presión. Al alcanzarse la presión de apertura, ahora más alta, en el inyector, empieza la inyección principal. A su vez aumenta la presión durante la inyección para llegar hasta 2050 bar.

La inyección principal termina al abrirse la electroválvula. La aguja del inyector y el émbolo acumulador regresan a su posición inicial.

33. ELECTROVÁLVULA DE ALTA PRESIÓN

La electroválvula de alta presión tiene la misión de iniciar la inyección en el momento correcto y de garantizar una dosificación exacta del caudal a través de una duración precisa de la inyección.

33.1. Estructura

La electroválvula de alta presión se divide en dos grupos constructivos:

33.2. Válvula

La válvula consta de la aguja de válvula (figuras 8.150 y 8.151) (2), el cuerpo de válvula (12) integrado en el cuerpo de la bomba y el muelle de la válvula (1).

El asiento de cierre del cuerpo de válvula cuenta con un rectificado cónico (10). La aguja de la válvula posee igualmente un asiento de cierre cónica (11). El ángulo en la aguja es algo mayor que el del cuerpo de válvula. Con la válvula cerrada, cuando la aguja presiona contra el cuerpo de válvula, el cuerpo de válvula y la aguja de válvula hacen contacto únicamente sobre una línea, el asiento de válvula. Debido a ello la válvula estanqueiza muy bien (estanqueización por cono doble). La aguja de la válvula y el cuerpo de la válvula tienen que estar muy bien adaptados entre sí mediante un mecanizado de precisión.

33.3. Imán

El imán consta de la culata magnética fija y el inducido móvil (16).

La culata magnética consta, a su vez, del núcleo magnético (15), una bobina (6) y los contactos eléctricos correspondientes, junto con el enchufe (8).

El inducido está fijado en la aguja de la válvula.

Entre la culata magnética y el inducido hay, en la posición de reposo, un entrehierro inicial.

Electroválvula de alta presión para unidad de bomba-inyector para vehículos industriales

1 Muelle de válvula 2 apuja de vá vuia! 3 zona de baja presión 4 zona de alta presión 5 tope 6 bobina 7 tapa 8 conexión 9 sección de paso por la válvula 10 superficie estanqueizante del cuerpo de válvula 11 superficie estanqueizante de la aguja de válvula 12 cuerpo de válvula integrado 13 tuerca de fijación de electroválvu a 14 pieza de ajuste para entrebierro residual 15 núcleo magnético 16 placa del inducido

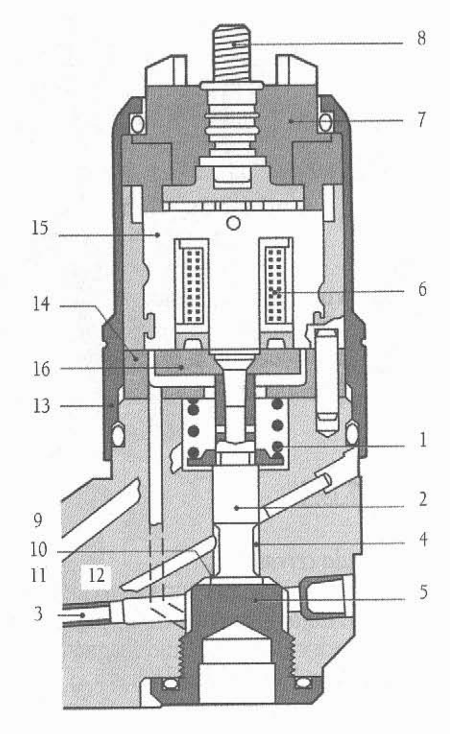


Figura 8.151.

33.4. Funcionamiento

La electroválvula cuenta con dos posiciones: abierta o cerrada. La válvula está abierta si no hay corriente atravesando la bobina del imán. Está cerrada si la etapa final de la unidad de control está activando la bobina.

Válvula abierta

La fuerza ejercida por el muelle de válvula en la aguja de la válvula empuja a ésta contra el tope. De este modo queda abierta la sección de paso por la válvula (9) entre la aguja de la válvula y el cuerpo de la válvula en la zona correspondiente al asiento de la válvula. Quiere decir que están comunicadas entre sí las zonas de alta presión (3) y de baja presión

(4) de la bomba. En esta posición de reposo puede fluir el combustible, tanto desde como hacia la cámara de alta presión.

Montaje de la unidad de bomba

1 Portainyectores escalonados 2 cámara de combustión del motor 3 unidad de bomba 4 árbol de levas del motor 5 tubulaJura de presión 6 tubería de alta presión 7 electroválvula 8 muelle de reposición 9 impulsor de rodillo

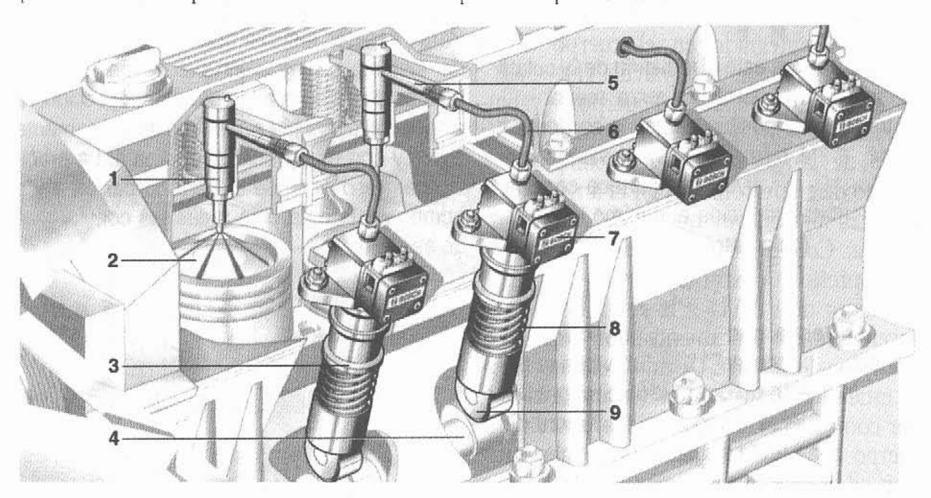


Figura 8.152.

Válvula cerrada

Si se ha de efectuar una inyección, se activará la bobina. La corriente de excitación genera un flujo magnético en las piezas que componen el circuito magnético (núcleo magnético e inducido). Este flujo magnético genera una fuerza magnética que atrae el inducido hacia la culata. Es atraído hasta el punto en el cual hacen contacto la aguja y el cuerpo de la válvula en el asiento de cierre. Entre el inducido y la culata magnética continúa habiendo un entrehierro residual. La válvula está cerrada. Al descender el émbolo de la bomba se inyecta.

La fuerza magnética no solamente tiene que atraer el inducido sino que vencer al mismo tiempo la fuerza ejercida por el muelle de la válvula, y seguir resistiendo a la misma. Además se requiere que la fuerza magnética junte las superficies estanqueizantes entre sí con una fuerza determinada. La fuerza en el inducido persiste mientras haya corriente que fluya a través de la bobina.

Cuanto más cerca esté el inducido de la culata magnética, mayor será la fuerza magnética. De este modo es posible reducir la corriente a la corriente de retención con la válvula cerrada. Aún así la válvula permanece cerrada. Así se mantiene reducida al mínimo la potencia de pérdida (calor) atribuible al flujo de la corriente.

Cuando se tenga que concluir la inyección, se desconectará la corriente que atraviesa la bobina, con lo que se perderán el flujo magnético y también la fuerza magnética. La fuerza del muelle presiona en la aguja de la válvula, y a ésta contra su tope, llevándola a la posición de reposo. El asiento de la válvula está abierto.

Estructura de la unidad de bomba para vehículos industriales

1 Portainyectores 2 tubulatura de presión 3 tubería de alta presión 4 conexión 5 tope para la carrera 6 aguja de electroválvula 7 placa 8 cuerpo de la bomba 9 cámara de alta presión (recinto del elemento) 10 émbolo de bomba 11 bloque del motor 12 perno del impulsor de rodillo 13 leva 14 platillo de muelle 15 muelle de electroválvula 16 cuerpo de válvula con bobina y núcleo magnético 17 placa del inducido 18 placa intermedia 19 junta 20 entrada de combustible (baja presión) 21 retorno de combustible 22 dispositivo de retención de émbolo de bomba 23 muelle del impulsor 24 cuerpo del impulsor 25 platillo de muelle 26 impulsor de rodillo 27 rodillo del impulsor

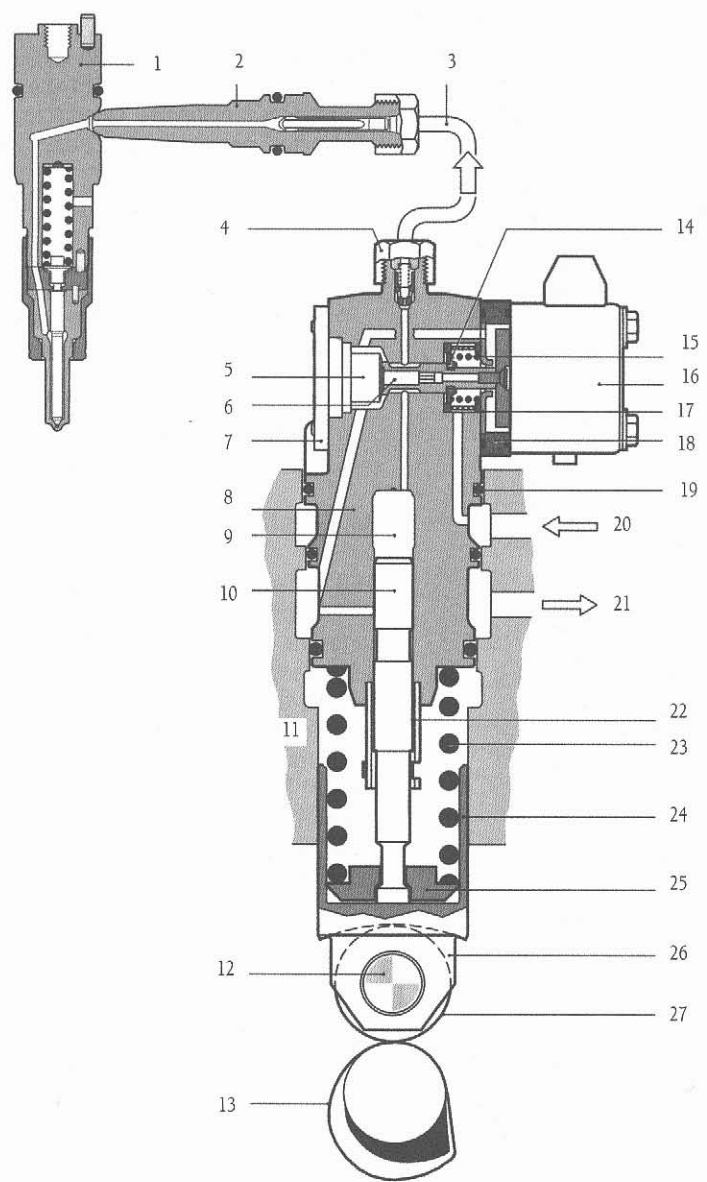


Figura 8.153.

Para respetar las tolerancia infimas exigidas del sistema de inyección con respecto al comienzo de inyección y caudal de inyección, la electroválvula actúa en un tiempo sumamente breve y con una precisión muy alta. La precisión es respetada de carrera en carrera y de bomba en bomba bajo todas las condiciones de servicio.

34. UNIDAD DE BOMBA (UP)

La misión y el funcionamiento de la unidad de bomba concuerdan con los de la unidad de bomba-inyector. La única diferencia entre la unidad de bomba-inyector y la unidad de bomba consiste en la separación entre las unidades funcionales "Generación de alta presión" y "Electroválvula de alta presión" del "Inyector" por medio de sendas tuberías cortas de alta presión.

La estructura modular de la unidad de bomba con las bombas integradas lateralmente en el motor (figura 8.152) brinda las ventajas siguientes:

- ningún diseño nuevo de la culata,
- rigidez del accionamiento al no ser necesario balancines,
- manejo sencillo por el servicio postventa, ya que las bombas se pueden desmontar con facilidad.

Principio del portainyector e inyector con el ejemplo de un motor de inyecciòn directa

1 Portainyector con muelle, filtro y conexiones
2 inyector
3 culata
4 càmara de combustiòn

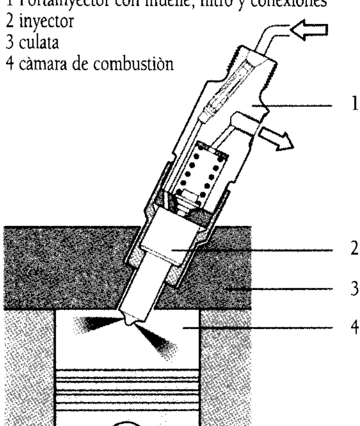


Figura 8.154.

En la bomba-tubería-inyector, los inyectores están montados en el portainyectores

34.1. Estructura

34.1.1. Tuberías de alta presión

Las tuberías de alta presión (ó) sumamente cortas, de longitud igual para todas las bombas, deben soportar permanentemente la presión máxima de la bomba y las oscilaciones de presión, en parte de alta frecuencia, que se producen durante las pausas de inyección. Por este motivo, las tuberías son de tubos de acero sin costuras, altamente resistentes. Normalmente presentan un diámetro exterior de 6 mm y un diámetro interior de 1,8 mm.

Empleo de inyectores y portainyectores.

Sistema de inyección	Inyector de espiga	Inyector de orificios	Portainyectores standard	Portainyectores escalonados	Portainyectores de dos muelles
Bombas individuales	X	X	X	X	X
Bombas en línea estándar	X	X	X	X	X
Bombas en línea con correderas de mando	–	X	X	X	X
Bombas distribuidoras de émbolo axial (VE)	X	X	X	X	X
Bombas distribuidoras de émbolos radiales (VR)	–	X	X	X	X
Bomba-tubería-inyector (UPS)	–	X	X	X	–
Unidad de bomba-inyector (UIS)	–	X	–	–	–
Common Rail (CR)	–	X	–	–	–

34.1.2. Unidad de bomba

La bomba es accionada directamente por una leva de inyección situada en el árbol de levas del motor (4). La comunicación con el émbolo de bomba se establece a través del muelle de regosición (8) y el impulsor de rodillo (9). La bomba está fiJada con una brida del cuerpo de bomba en el bioque del motor. Figura 8.153.

35. INYECTORES Y PORTA-INYECTORES

Son componentes esenciales en el motor Diesel, influyen en la combustión del gasoil y en la potencia suministrada, gases de escape y ruidos que se originen. Sus misiones son:

- Dar forma al desarrollo de la inyección, interesa una distribución exacta de la presión y del caudal por cada grado de giro del cigüeñal.
- Conseguir una buena pulverización y distribución del combustible en la cámara de combustión.
- Estanqueizar el sistema de combustible en la cámara de compresión.

La inyección se produce a través de las toberas. El portainyector soporta al portatoberas y conexiona con la tubería de alimentación de la bomba de inyección.

Los sistemas Common Rail y Unidad bomba- inyector no necesitan portainyector, la tobera se encuentra integrada en el inyector. El caudal inyectado y su pulverización son misiones del inyector.

La tobera debe estar adaptada a las diferentes condiciones del motor :

• Procedimientos de combustión. (antecámara, inyección directa, cámara auxiliar)

• Geometría de la cámara de combustión.

• Forma y dirección del chorro, fuerza y pulverización de combustible.

• Duración de la inyección.

• Caudal por ángulo de giro del cigüeñal.

Portainyector estándar

1 Varilla-filtro 2 talaro de entrada 3 perno de presión 4 disco intermedio 5 espiga de presión 6 tuerca de fijación 7 aguja de inyector 8 asiento del cuerpo de la tobera 9 agujero de inyección 10 cuerpo del inyector 11 pasador de fijación 12 muelle e compresión 13 arandela de compensación 14 orificio del comustible de fuga 15 rosca de conexión para combustible de fuga 16 cuerpo soporte 17 rosca de conexión para empalme de presión central 18 cono estanqueizador

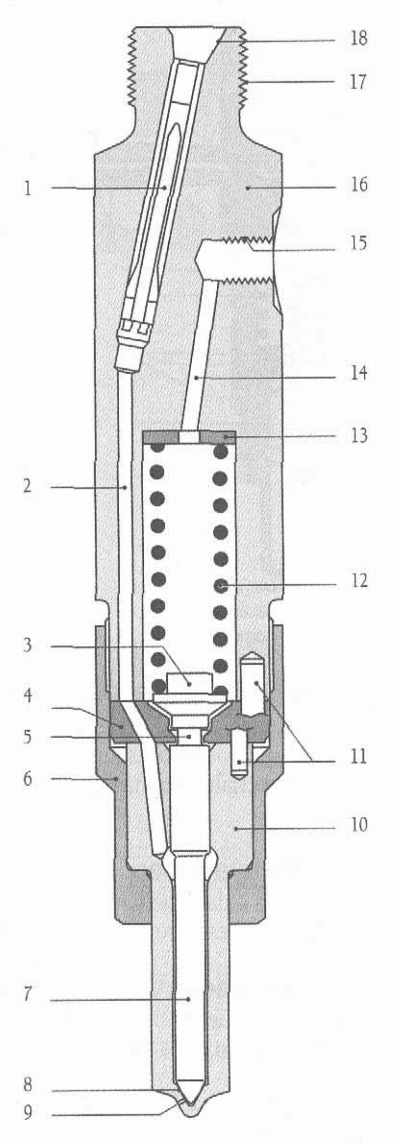


Figura 8.156

Portainyector escalonado

1 Escalón 2 taladro de entrada 3 perno de presión 4 disco intermedio 5 tuerca de fijación 6 cuerpo del inyector. 7 pasador de fijación 8 muelle de compresión 9 orificio del combustible de fuga 10 tubuladura de presión 11 rosca para pasador extractor

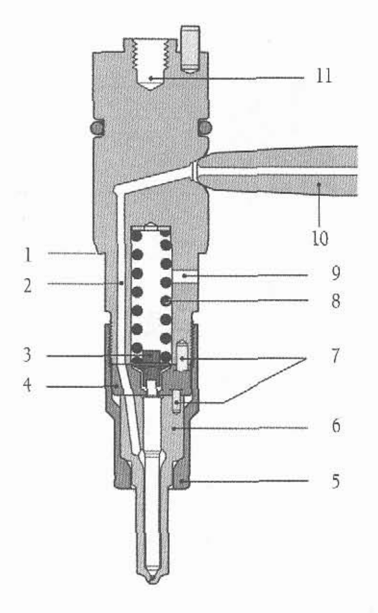


Figura 8.157.

35.1. La técnica de la inyección Diesel

Son mas de mil millones de carreras de apertura y cierre, las que realiza la aguja de un inyector durante su "vida de inyección", asegurando una estanqueidad con presiones hasta 2050 bares. Además:

- Absorbe los impactos de apertura y cierre rápidos (en los turismos ocurre unas 10.000 veces por minuto)
- Resiste los esfuerzos elevados resultantes de los flujos durante las inyecciones.
- Resiste la temperatura y presión que existe en el interior del cilindro y en concreto la cámara de combustión.

Un inyector tiene un rendimiento que se puede apreciar con las comparaciones siguientes: Figura 8.155.

- En la cámara de combustión hay una presión de 2050 bares, equivalente a la que resultaría si se coloca un turismo sobre la uña del dedo meñique.
- La duración de inyección es de 1, a 2 milisegundos. Una onda acústica se aleja del altavoz unos 33 cm. En 1 milisegundo.
- Los caudales de inyección varían en los turismos entre 1 mm^3 y 50 mm^3,. en los camiones entre 3mm^3 y 350 mm^3. 1 mm^3 equivale a media cabeza de alfiler. 350 mm^3 son 12 gotas de lluvia grandes ¡esas 12 gotas son obligadas a atravesar en 2 milisegundos un orificio de 0,25 mm^2 de sección a la velocidad de 2000 km/hora!.
- El huelgo que tiene la aguja inyectora en su guía es de 2 milésimas de milímetro. Un pelo humano es 30 veces más grueso.

Estos resultados se consiguen en la actualida con unos procesos de mecanización y un empleo de materiales además de un plan de trabajo que hace del Diesel un mundo superlativo.

35.2. Portainyectores

Se fijan a la culata mediante garras de sujeción y los hay de tipo estándar, con un muelle, con dos muelles o portainyectores escalonados.

35.3. Portainyectores estándard

Estructura.- Tienen forma exterior cilíndrica con diámetros de 12,21 y 26 mm., el muelle está situado en la parte inferior y en la leyenda de la figura se pueden ver los componentes.

Funcionamiento.- El muelle de presión presiona a la válvula de aguja y su tensión determina la presión de inyección. Se puede suplementar con arandelas aumentando la tensión. El recorrido del combustible es a través de la varilla filtro 1, desde el taladro de

entrada 2, a través del cuerpo soporte 4 hacia el asiento de la válvula 8. La válvula 7 se levanta debido a la presión de inyección y el combustible es expulsado por los orificios 9. El caudal depende del tiempo que se mantenga la presión en el inyector.

35.4. Portainyectores escalonados

Son de la misma estructura y funcionamiento que el portainyectores estándar. La diferencia esencial consiste en la modalidad de conexión de la tubería de combustible. En los estándar la tubería se atornilla céntricamente en el extremo posterior del portainyector. En el escalonado la tubería se une al cuerpo mediante una tubuladora de presión. Es posible realizar unas longitudes de tuberías cortas con las ventajas en el nivel de presión de inyección debido a la reducción del volumen muerto de líquido.

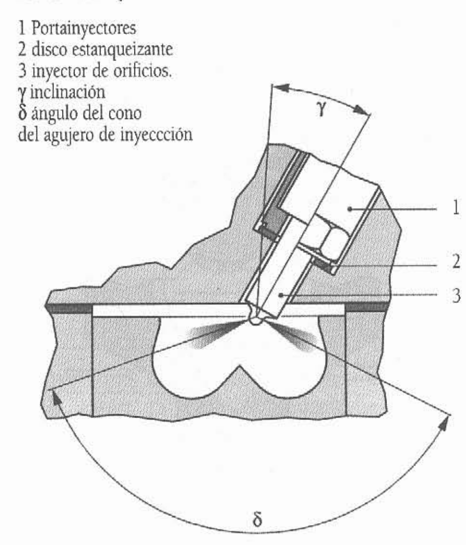


Figura 8.158.

36. INYECTORES DE ORIFICIOS

36.1. Aplicación

Se emplean en motores que funcionan con la inyección directa. La posición de montaje viene determinada por el diseño del motor. Los agujeros de inyección dispuestos en diferentes ángulos, están orientados de forma adecuada a la cámara de combustión, figura 8.158. Los inyectores de orificios se dividen en:

– Inyectores de taladro ciego.
– Inyectores de taladro en asiento.

Además se distinguen por su diámetro de orificios.

– *Tipo P*, diámetro de aguja de 4 mm (taladro ciego y taladro en asiento).
– *Tipo S*, diámetro de aguja de 5 y 6 mm (taladro ciego para grandes motores.

36.2. Estructura

Los agujeros de inyección se encuentran sobre la envoltura del casquete del inyector, (figura 8.159) (5). La cantidad y diámetro dependen de:

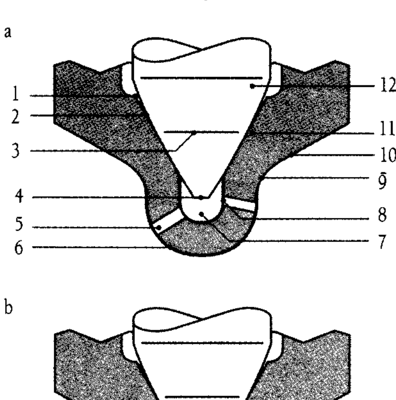
- el caudal de inyección necesario,
- la forma de la cámara de combustión y
- la turbulencia de aire (rotación) en la cámara de combustión.

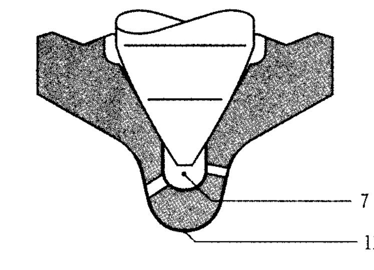
Las aristas de entrada de los agujeros de inyección pueden redondearse por mecanización hidroerosiva (HE).

Casquetes de inyectores y formas del taladro ciego

a Taladro ciego cilíndrico y casquete redondo
bTaladro ciego cilíndrico y casquete cónico
c Taladro ciego cónico y casquete cónico

1 Borde de ataque 2 entrada del asiento 3 asiento de aguja 4 punta de aguja 5 agujero de inyección 5 casquete redondo 6 casquete redondo 7 taladro ciego cilíndrico (volumen residual) 8 entrada del agujero de inyección 9 radio de la garganta 10 cono del casquete de inyector 13 casquete cónico 14 taladro ciego cónico





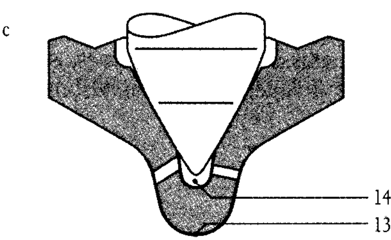


Figura 8.159.

En aquellos lugares donde se producen grandes velocidades de flujo (entrada del agujero de inyección), las partículas abrasivas (que eliminan el material) contenidas en el fluido HE, se encargan de redondear las aristas. La mecanización HE puede aplicarse tanto para inyectores de taladro ciego, como también para inyectores de taladro en asiento. El objetivo es

- prevenir el desgaste de aristas que causan las partículas abrasivas del combustible, y/o
- reducir la tolerancia de flujo.

Las toberas deben estar adaptadas esmeradamente a las condiciones presentes en el motor.

El dimensionado de las toberas es decisivo también para

- la dosificación de la inyección (duración y caudal de inyección por cada grado de ángulo del cigueñal),
- la preparación del combustible (número de chorros, forma y puiverización del chorro de combustible),
- la distribución del combustible en la cámara de combustión así como
- el estanqueizado contra la cámara de combustión.

El combustible que ocupa el volumen debajo del asiento de la aguja del inyector se evapora después de la combustión, y contribuye así de forma esencial a las emisiones de hidrocarburos (HC) del motor. Por ello es importante mantener lo más reducido posible este volumen (volumen residual o contaminante). Esto se consigue de la mejor manera con inyectores de taladro en asiento.

36.3. Versiones

36.3.1. Inyector de taladro ciego

Los agujeros de inyección del inyector de taladro ciego (figuras 8.159 y 8.160) están dispuestos en torno a un taladro ciego.

En caso de un casquete redondo, los orificios de inyección se taladran en función del dimensionamiento, de forma mecánica o electroerosiva (eliminación eléctrica de partículas).

Inyector de taladro ciego

1 Espiga de presión 2 superficie de tope de carrera 3 taladro de entrada 4 reborde de apoyo de presión 5 vástago de aguja 6 casquete del inyector 7 vástago del cuerpo de inyector 8 reborde del cuerpo de inyector 9 cámara de presión 10 guía de aguja 11 unidad combinada de cuerpo del inyector 12 taladro de fijación 13 superficie estanqueizante 14 apoyo del perno de presión

d Ángulo del cono del agujero de inyección FfF fuerzo del muelle FD fuerza resultante en el reborde de apoyo depresión a causa de la presión del combustible

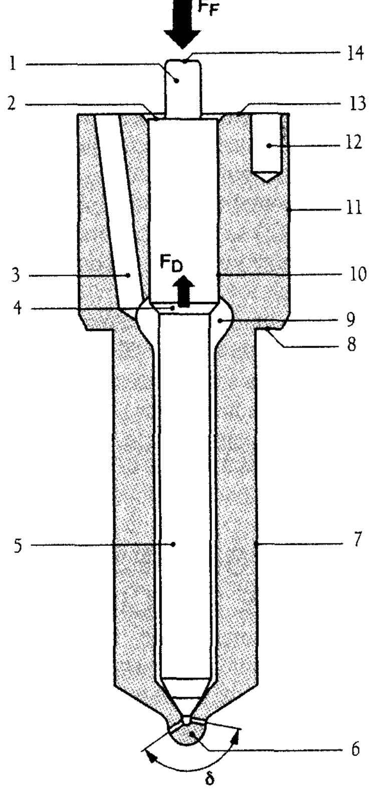


Figura 8.160.

Forma casquete en inyector de taladro en asiento

1 Asiento del cuerpo de la tobera 2 agujero de inyección 3 taladro ciego

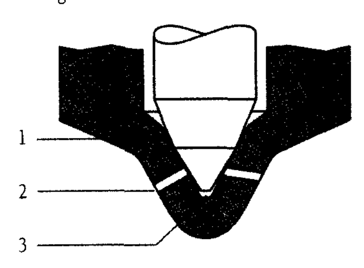


Figura 8.160. bis

Los inyectores de taladro ciego con casquete cónico están taladrados generalmente de forma electroerosiva.

Existen inyectores con taladro ciego cilíndrico y cónico en diferentes dimensiones.

El inyector con taladro ciego cilíndrico y casquete redondo (figura 8.159 a), compuesto por una parte cilíndrica y otra semiesférica, presenta una gran libertad de dimensionamiento respecto al número de agujeros, longitud de agujero y ángulo del cono del agujero de inyección. El casquete del inyector tiene forma semiesférica y garantiza así, junto con la forma del taladro ciego, una longitud uniforme de orificios.

El inyector con taladro ciego cilíndrico y casquete cónico (figura 8.159 b), se emplea únicamente para longitudes de agujero de 0,6 mm. La forma de casquete cónica aumenta la resistencia del casquete mediante un espesor de pared mayor entre el radio de la garganta (9) y el asiento del cuerpo de inyector (11).

El inyector con taladro ciego cónico y casquete cónico (figura 8.159 c), presenta un volumen residual menor que el inyector con taladro ciego cilíndrico. En cuanto al volumen de taladro ciego, se encuentra entre el inyector de taladro en asiento y el inyector de taladro ciego con taladro ciego cilíndrico. Para obtener un espesor de pared uniforme del casquete, el casquete está ejecutado cónicamente en correspondencia con el taladro ciego.

36.3.2. Inyector de taladro en asiento

Para reducir al mínimo el volumen residual, y con él también la emisión de HC (hidrocarburos), el comienzo del agujero de inyección se encuentra en el asiento del cuerpo del

Ejemplo de un inyector de taladro en asiento
1 Guía doble de aguja (DNF) 2 geometría compleja de la punta de la aguja

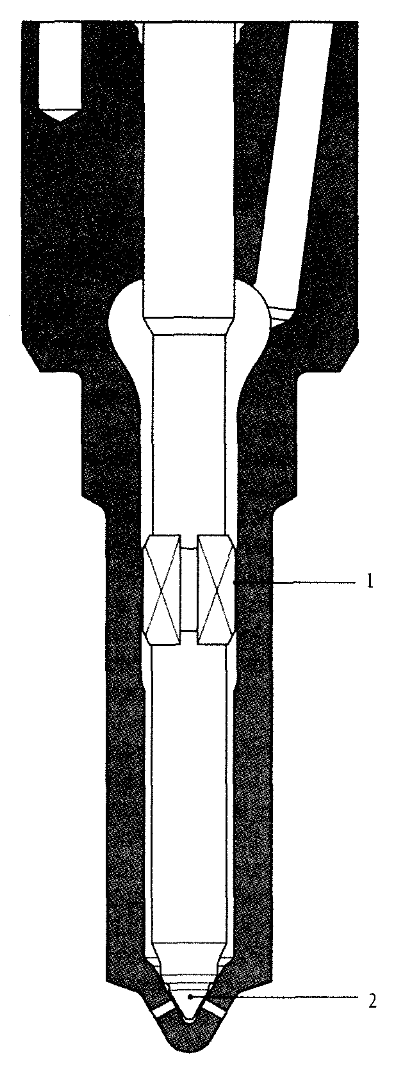


Figura 8.161.

inyector y queda cubierto ampliamente por la aguja cuando está cerrado el inyector. No existe ninguna comunicación directa entre el taladro ciego y la cámara de combustión (figura 8.160). El volumen del taladro ciego se ha reducido considerablemente en comparación con el inyector de taladro ciego. Los inyectores de taladro en asiento presentan, respecto a los inyectores de taladro ciego, un límite de carga notablemente inferior y, por tanto, sólo pueden ser ejecutados con una longitud de agujero de 1 mm.

La forma del casquete es cónica por motivos de resistencia. Los agujeros de inyección están taladrados, por regla general, de forma electrocrosiva.

Mediante unas geometrías especiales de los agujeros de inyección, una guía doble de aguja (figura 8.161) (1), o unas geometrías más complejas de las puntas de las agujas (2) se puede mejorar aún más la distribución del chorro y de este modo la formación de la mezcla.

En los inyectores de orificios el límite superior de la temperatura se sitúa en 300 °C (termorresistencia del material). Para aplicaciones especialmente difíciles se dispone de manguitos termoprotectores, o para motores mayores incluso de manguitos de inyección refrigerados.

37. LA INYECCIÓN DIESEL ES TÉCNICA DE PRECISIÓN

Hablándose de motores Diesel, muchos legos piensan en maquinas burdas, no en mecánica de precisión. Los componentes modernos de la inyección Diesel constan sin embargo, de piezas de alta precisión que están expuestas a esfuerzos extremos.

El inyector es la interfaz entre el sistema de inyección y el motor. Tiene que abrir y cerrar con exactitud durante toda la vida útil del motor. Estando cerrado no deben aparecer fugas. Esto aumentaría el consumo de combustible, empeoraría las emisiones de contaminantes e incluso dañaría al motor.

Para que los inyectores puedan estanqueizar de forma segura a pesar de las presiones elevadas de los sistema de inyección modernos VR (VP44), CR, UPS y UIS (hasta 2.050 bar), éstos requieren un diseño constructivo especial y una fabricación muy exacta. He aquí algunos ejemplos:

- Para que la superficie estanqueizante del cuerpo de inyector (1) asegure un cierre hermético, ésta cuenta con una desviación máxima de forma de 0,001 mm. ¡Quiere decir que requiere una exactitud de fabricación a razón de unos 4.000 estratos atómicos!
- El juego que tiene la aguja de inyector dentro de su guía en el cuerpo de inyector (2) asciende a 0,002...0,004 mm (2...4 µm). También las desviaciones de forma son, menores que 0,001 mm (1 µm) debido a la precisa mecanización.

Los finos agujeros de inyección (3) de los inyectores se erosionan (taladrado electroerosivo) durante la fabricación. Durante la erosión, el metal se evapora debido a la temperatura elevada durante la descarga por chispas entre el electrodo y la pieza. Mediante los electrodos fabricados con toda precisión y un ajuste exacto de los parámetros se pueden realizar taladros muy exactos con diámetros de 0,12 mm. Quiere decir que el diámetro más pequeño que pueden tener los agujeros de inyección es el doble de un pelo humano (0,06 mm). Para conseguir un comportamiento de inyección mejor, se someten al redondeado (mecanización hidrocrosiva) las aristas de entrada de los agujeros de inyección mediante el rectificado hidrodinámico con la ayuda de un líquido especial.

Las tolerancias ínfimas exigen unos procedimientos especiales, sumamente exactos, para la medición, como por ejemplo:

- la medidora óptica tridimensional de coordenadas para la medición de los agujeros de inyección o
- la interferometría por láser para medir la planitud de la superficie estanqueizante de los inyectores.

La fabricación de los componentes para la inyección Diesel es, pues, "alta tecnología" en grandes series.

38. REGULACIÓN ELECTRÓNICA DIESEL (EDC)

El control electrónico moderno del motor Diesel permite una configuración exacta y diferenciada de las magnitudes de inyección. Unicamente así es posible cumplir las muchas exigencias que se le plantean a un motor Diesel moderno. La regulación electrónica Diesel EDC (Electronic Diesel Control) se divide en tres bloques de sistema "Sensores y transmisores de valor teórico", "Unidad de control" y "Elementos actuadores".

38.1. Exigencias

La disminución del consumo de combustible y de las emisiones con un aumento simultáneo de la potencia o del par motor, determina el desarrollo actual en el sector de la técnica Diesel. Esto condujo en los últimos años a una creciente aplicación de motores Diesel de inyección directa (DI), en los cuales son considerablemente mayores las presiones de inyección en comparación con los motores de inyección indirecta (IDI) con procedimientos de cámara auxiliar de turbulencias o de antecámara. De esta forma se consigue una formación mejorada de la mezcla. Se produce una combustión más fácil de las gotitas de combustible distribuidas más finamente. Se producen menos hidrocarburos (HC) no quemados en los gases de escape. Debido a la formación de mezcla mejorada y a la ausencia de pérdidas de sobrecarga entre la antecámara/cámara de turbulencias y la cámara de combustión principal, el consumo de combustible de los motores de inyección directa se reduce en un 10...15 % con respecto a los motores de inyección indirecta.

Además influyen las elevadas exigencias, con respecto al confort de marcha, que se plantean a los motores modernos. Pero también, con respecto a las emisiones de ruido y

contaminantes (NOX, CO. HC, partículas) se es cada vez más exigente. Esto conduce a un aumento de los requisitos al sistema de inyección y a su regulación con respecto a:

- altas presiones de inyección,
- conformación del desarrollo de inyección, - comienzo de inyección variable,
- inyección previa y, en su caso, inyección posterior,
- caudal de inyección, presión de sobrealimentación y comienzo de inyección adaptados a todos los estados de servicio,
- caudal de arranque dependiente de la temperatura,
- regulación del régimen de ralentí independiente de la carga,
- regulación de la velocidad de marcha,
- retroalimentación regulada de gases de escape, así como
- tolerancias reducidas del momento y caudal de inyección, y alta precisión durante toda la vida útil (comportamiento a largo plazo).

La regulación **mecánica de revoluciones** convencional registra con diversos dispositivos de adaptación los distintos estados de servicio y garantiza una gran calidad de la preparación de la mezcla. Sin embargo, se limita a un circuito regulador sencillo en el motor y no puede registrar diversas magnitudes de importante influencia, o no las registra con suficiente rapidez.

El sistema EDC evolucionó, a medida que aumentaban las exigencias, de un sistema sencillo con eje actuador activado eléctricamente a un complejo control electrónico del motor que tiene que procesar un gran número de datos a tiempo real.

38.2. Relación general del sistema

La regulación electrónica Diesel EDC moderna es capaz de cumplir las exigencias antes mencionadas, gracias al rendimiento de cálculo fuertemente incrementado durante los últimos años de los microprocesadores disponibles.

Partes principales que integran el sistema EDC

1 Sensores y transmisores de valor teórico 2 unidad de control 3 elementos actuadores 4 interiaz hacia otros sistemas 5 interfaz de diagnóstico

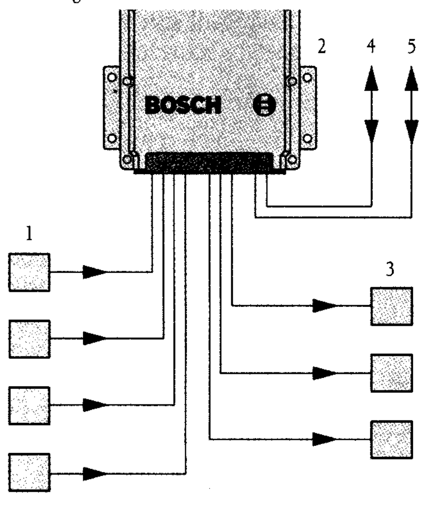


Figura 8.162.

Contrariamente a los vehículos Diesel con bombas convencionales de inyección reguladas mecánicamente, en un sistema EDC, el conductor no tiene ninguna influencia directa sobre el caudal de combustible inyectado, p. ej. a través del pedal acelerador y un cable de tracción. El caudal de inyección se determina, por el contrario, a través de diversas magnitudes de influencia. Estas son p. ej.:

- deseo del conductor (posición del pedal acelerador),
- estado de servicio,
- temperatura del motor,
- efectos sobre las emisiones de contaminantes, etc.

El caudal de inyección es calculado en la unidad de control a partir de estas magnitudes. También puede variarse el momento de inyección. Esto requiere un extenso concepto de seguridad que reconoce las desviaciones que se producen y que aplica las corres-

UIS para turismos

Relación general del sistema EDC para unidades de bomba-inyector (UIS) en turismos.

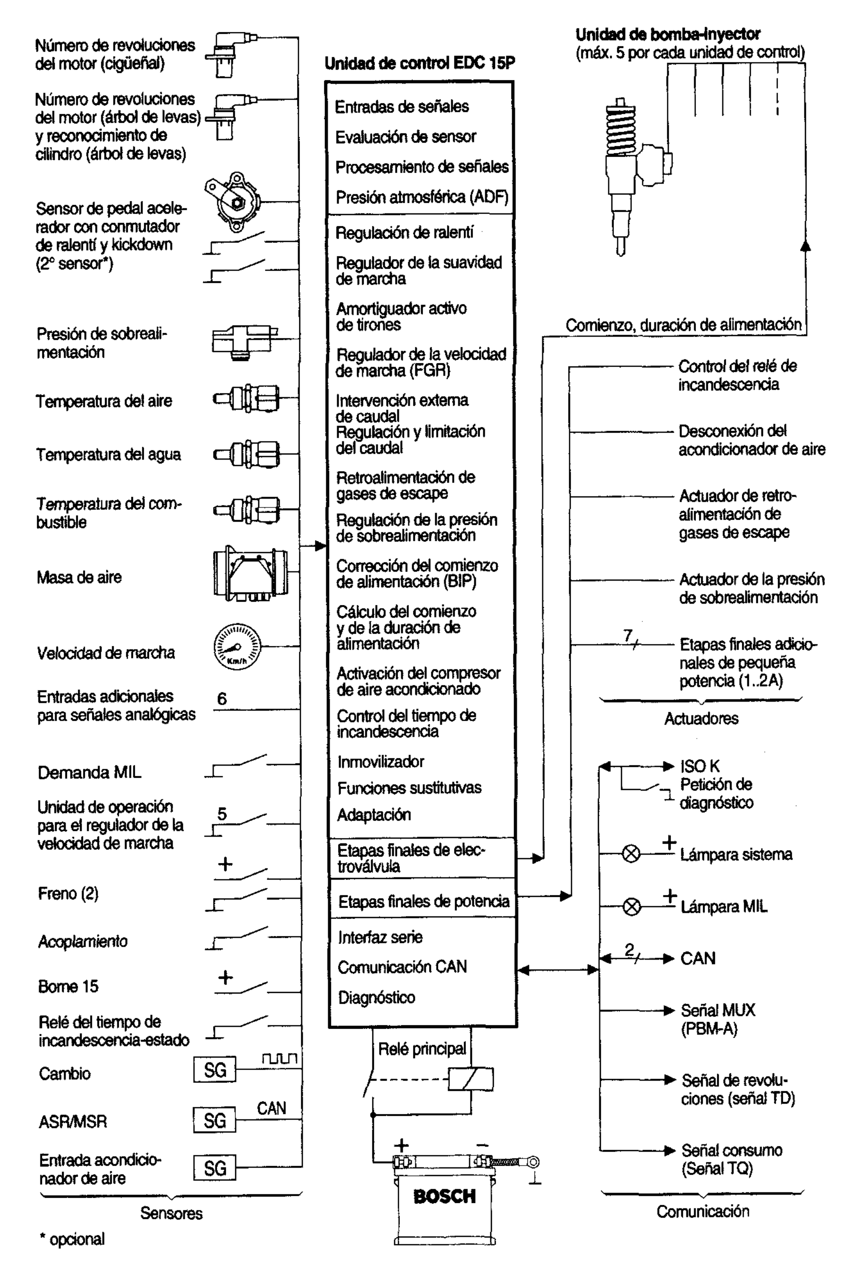


Figura 8.163.

UIS y UPS para vehículos industriales

Relación general del sistema EDC para unidad de bomba-inyector (UIS) y bomba-tubería-inyector (UPS) en vehículos industriales.

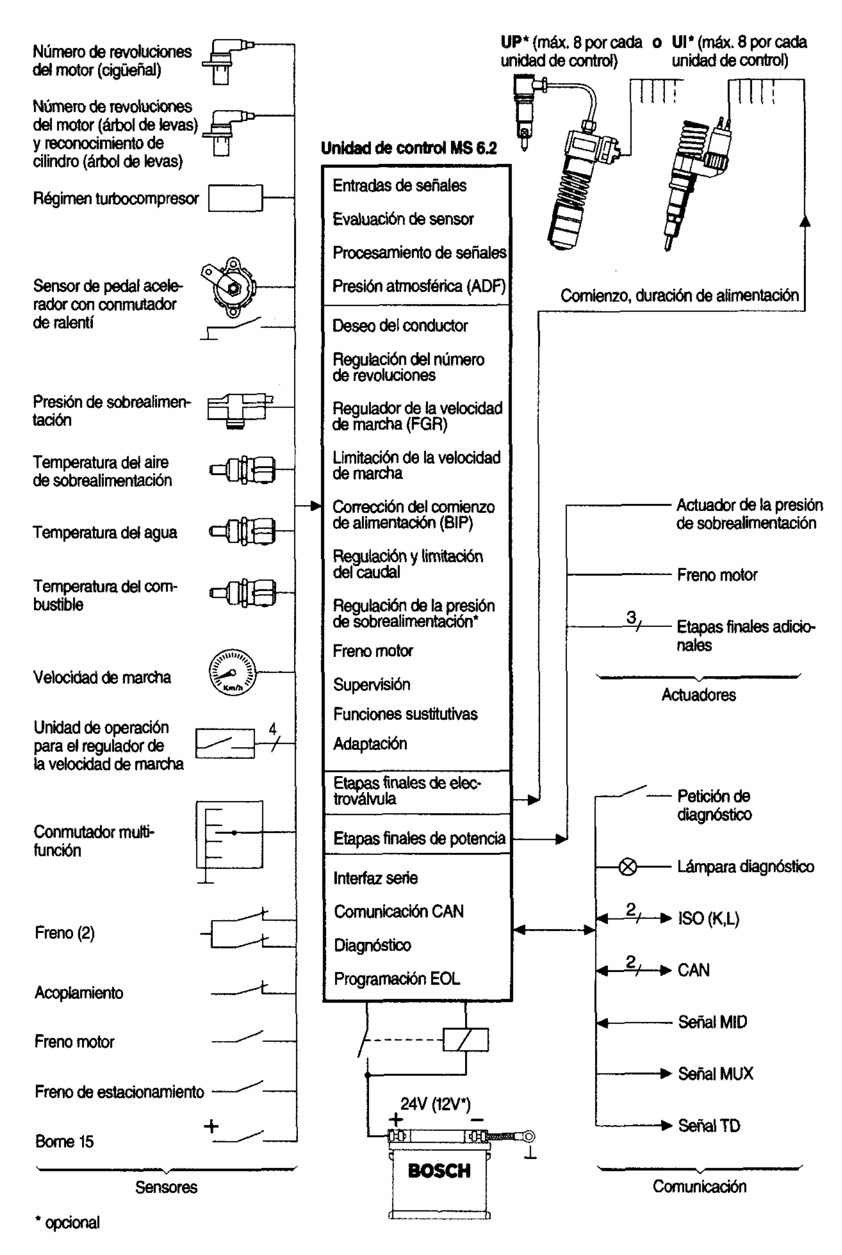


Figura 8.164.

pondientes medidas conforme a sus efectos (p. ej. limitación del par motor o marcha de emergencia en el margen del régimen de ralentí). El sistema EDC contiene por ello varios circuitos reguladores.

La regulación electrónica Diesel permite también un intercambio de datos con otros sistemas electrónicos como p.ej. sistema de tracción antideslizante (ASR), control electrónico del cambio (EGS) o regulación de la dinámica de marcha (ESP). Con ello se puede integrar el control del motor en el sistema total del vehículo (p. ej. reducción del par motor al reaccionar el cambio automático, adaptación del par motor al deslizamiento de las ruedas, liberación de la inyección por el inmovilizador, etc.).

El sistema EDC está completamente integrado en el sistema de diagnóstico del vehículo.

38.3. Bloques del sistema

La regulación electrónica Diesel EDC se divide en tres bloques de sistema:

1. *Sensores y transmisores de valor teórico*. Detectan las condiciones de servicio (p. ej. número de revoluciones del motor) y valores teóricos (p. ej. posición del pedal acelerador). Estos transforman magnitudes físicas en señales eléctricas.

2. *La unidad de control*. Procesa las informaciones de los sensores y transmisores de valores teóricos conforme a determinados procesos de cálculo matemáticos (algoritmos de cálculo). La misma activa los elementos actuadores mediante señales de salida eléctricas. La unidad de control viene a ser además la interfaz hacia los demás sistemas para el diagnóstico del vehículo.

3. *Elementos actuadores*. Transforman las señales eléctricas de salida de la unidad de control en magnitudes mecánicas (p. ej. de la electroválvula para la inyección o del imán del mecanismo actuador).

38.4. Sensores

Los sensores y transmisores de valor teórico detectan los estados de servicio (p. ej. número de revoluciones del motor) y valores teóricos (p. ej. posición del pedal acelerador). Éstos transforman magnitudes físicas en señales eléctricas. La materialización de todos los controles y regulaciones de los modernos sistemas en vehículos motorizados es posible únicamente con sensores que reaccionan con exactitud y rapidez.

38.4.1. Aplicación en el automóvil

Los sensores y actuadores forman la interfaz entre el vehículo con sus funciones complejas de accionamiento, frenado, tren de rodaje y carrocería (p. ej. ESP, regulación de la dinámica de marcha, o control del acondicionador de aire) y las unidades electrónicas de control como unidades de procesamiento. Por regla general hay en el sensor un circuito de adaptación que imparte a las señales una forma idónea para ser procesada por la unidad de control.

Los sensores llevan frecuentemente una "vida retirada" porque suelen estar montados en lugares escondidos del motor o vehículo, sin saltar a la vista a causa de sus dimensiones cada vez menores. Además se comprueba hoy día, una tendencia que se encamina a "esconder" los sensores en los módulos, para dar mayor valor al componente mediante su función sensorial,

Sensor de la temperatura del motor
1 Anillo estanqueizante 2 rosca para enroscar 3 conexión eléctrica 4 cuerpo 5 resistencia de medición 6 líquido refrigerante

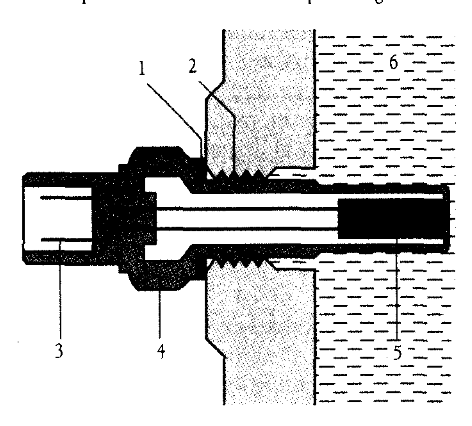


Figura 8.165.

Curva característica de un sensor de temperatura NTC

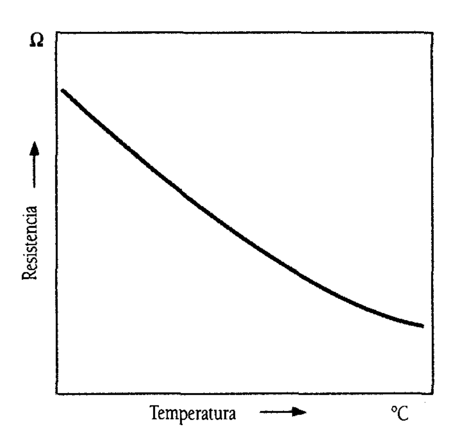


Figura 8.166.

reduciéndose a su vez el coste total. Unos ejemplos de ello son el módulo de pedal acelerador con sensor de valor de pedal integrado, el módulo estanqueizante de cigüeñal con sensor de revoluciones o el módulo de aspiración con medidor de masa de aire de película caliente.

En contraposición se exige que los sensores cumplan exigencias crecientes en lo que a la función y los costes se refiere. Se necesitan unos sensores cada vez más exactos, ya que sus señales de salida influyen directamente en la potencia y el par motor, en las emisiones y en el comportamiento de marcha así como en la seguridad del vehículo.

Para cumplir con estas exigencias de tolerancia, los sensores futuros se vuelven "más inteligentes", se les integran, en su electrónica, algoritmos de evaluación y procesos de cálculo), funciones más refinadas de calibración y autocalibración siempre que resulta posible.

38.4.2. Sensores EDC

A continuación se describen los sensores utilizados actualmente para el control del motor Diesel.

Pero en el futuro cercano se integrarán en el sistema sensores nuevos que ayudarán a
- cumplir las disposiciones sobre gases de escape cada vez más severas y
- suministrar informaciones a un sistema de diagnóstico en funcionamiento permanente.

Estos van a ser sensores de gases de escape, entre ellos también la sonda Lambda del motor de gasolina así como sensores de la presión y temperatura de los gases de escape.

38.5. Sensores de temperatura PTC y NTC

38.5.1. Aplicación

Estos sensores de temperatura se aplican en varios lugares del automóvil:

38.5.2. Sensor de la temperatura del motor

Está montado en el circuito del líquido refrigerante, con el fin de determinar la temperatura del motor a partir de la temperatura del líquido refrigerante (figura 8.165). Así es

posible que el control del motor se adapte exactamente a la temperatura de servicio del motor. El margen de temperaturas se sitúa en -40...+130 °C.

38.5.3. Sensor de temperatura del aire

Éste está montado en el tramo de admisión. Al tenerse en cuenta la temperatura del aire de admisión es posible determinar con toda exactitud, en combinación con un sensor de presión de sobrealimentación, la masa de aire aspirada. Además de ello se pueden adaptar los valores teóricos para los circuitos reguladores (p.ej. retroalimentación de gases de escape, regulación de la presión de sobrealimentación) a la temperatura del aire. El margen de temperaturas se sitúa en -40...+120 °C.

38.5.4. Sensor de temperatura del aceite del motor

La señal del sensor de temperatura del aceite del motor se emplea para calcular los intervalos de servicio. El margen de temperaturas se sitúa en -40...+170 °C.

38.5.5. Sensor de temperatura de combustible

Este está montado en la parte de baja presión. Al tenerse en cuenta la temperatura del combustible se puede calcular con exactitud qué caudal de combustible se necesita. El margen de temperaturas se sitúa en -40...+120 °C.

38.5.6. Estructura y funcionamiento

Los sensores de temperatura se ofrecen en diversas formas constructivas, según el campo de aplicación previsto. En un cuerpo está montada una resistencia de medición dependiente de la temperatura. Ésta cuenta con un coeficiente de temperatura negativo o positivo (NTC, Negative Temperature Coefficient; PTC, Positive TC), osea que su resistencia eléctrica disminuye o aumenta al subir la temperatura.

La resistencia de medición forma parte de un circuito divisor de tensión que es abastecido con 5 V. La tensión que se mide en esta resistencia es, por tanto, dependiente de la temperatura. La misma se inscribe en un convertidor analógico-digital y representa una medida de la temperatura en el sensor. En la unidad de control dei motor está almacenada en memoria una curva característica que indica la temperatura correspondiente a cada valor de tensión (figura 8.166).

38.6. Sensores de presión micromecánicos

38.6.1. Sensor de tubo de admisión o de presión de sobrealimentación

El sensor de presión de sobrealimentación está montado por lo general directamente en el tubo de admisión. Mide la presión absoluta en el tubo de admisión (2...400 kPa ó 0,02...4,0 bar), o sea que mide la presión contra un vacío de referencia

Elemento sensor de un sensor de presión micromecánico DS-LDF4 (estructura)

1 Conexión 2 vacío de referencia 3 pasacables eléctrico envidriado 4 célula de sensor (chip) con electrónica evaluadora 5 zócalo de vidrio 6 caperuza 7 empalme de presión. p Presión

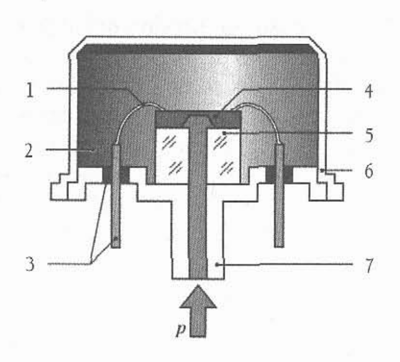


Figura 8.167.

Célula de sensor de un sensor de presión micromecánico DS-LDF4 (esquema)

1 Merndrana 2 chip de silicio 3 vacio de referencia 4 vidrio (pyrex) 5 puente de Wheatstone p presión U_0 tensión de alimentación U_A tensión de medición resistencias de medición R_1 (comprimido) y R_2 (extendido)

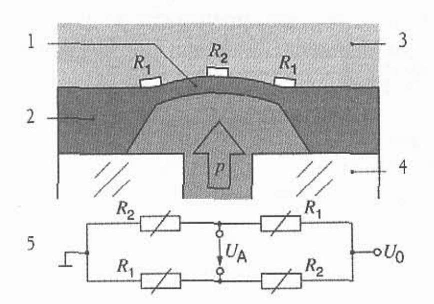


Figura 8.168.

Elemento sensor del sensor micromecánico de presión de sobrealimentación DS-LDF4

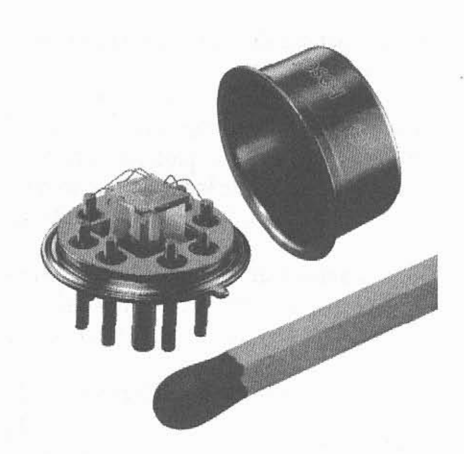


Figura 8.169.

y no contra la presión del entorno. De este modo es posible determinar la masa de aire con toda exactitud y regular el compresor de acuerdo con las necesidades del motor.

Si el sensor no está montado directamente en el tubo de admisión, éste se hace comunicar neumáticamente con el tubo de admisión mediante una tubería flexible.

38.6.2. Sensor de presión de entorno

El *sensor de presión de entorno* (también llamado sensor de presión atmosférica, ADF) puede estar montado en la unidad de control o en otro lugar de la cámara motor. Su señal sirve para la corrección, en función de la altura, de los valores teóricos para los circuitos reguladores (p.ej. retroalimentación de gases de escape, regulación de la presión de sobrealimentación). Con ello se pueden tener en cuenta las diferencias de la densidad del aire de entorno. El sensor de presión de entorno mide la presión absoluta (60...115 kPa ó 0,6...1,15 bar).

38.6.3. Sensor de presión del aceite y combustible

Los *sensores de presión del aceite* están montados en el filtro de aceite y miden la presión absoluta del aceite para que se pueda averiguar la carga del motor para la indicación de servicio. Su margen de presiones se sitúa en 50...1000 kPa ó 0,5...10,0 bar.

Debido a su elevada resistencia a los fluidos, la célula de sensor se aplica también a las mediciones de presión de combustible en la parte de baja presión. Está montada encima o dentro del filtro de combustible. Con su señal se supervisa el grado de ensuciamiento del filtro (margen de medición 20...4000 kPa ó 0,2...40 bar).

38.6.4. Estructura

El *componente esencial del sensor de presión micromecánico* es el elemento sensor (figura 8.167) con la célula de sensor (figura 8.168). Ella consta de un chip de silicio (2) micromecánico que lleva grabada una membrana delgada (1). Sobre la membrana hay dis-

Sensor de presión micronnecánico DS-LDF4 (estructura)

1 Sensor de temperatura (NTC) 2 parte inferior del cuerpo 3 tubo de admisión 4 junta tórica 5 conexión eléctrica 6 tapa de cuerpo 7 elemento sensor

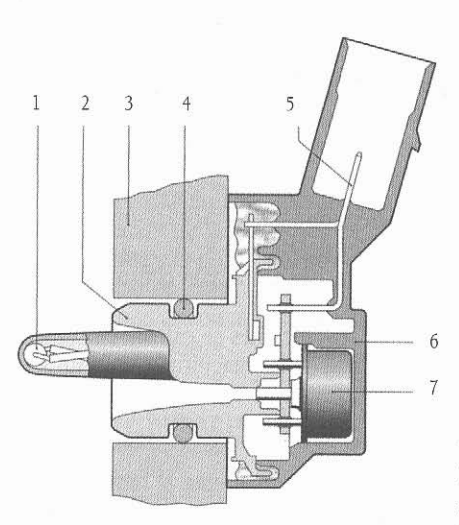


Figura 8.170.

Curva característica de un sensor de presión de sobrealimentación micromecánico

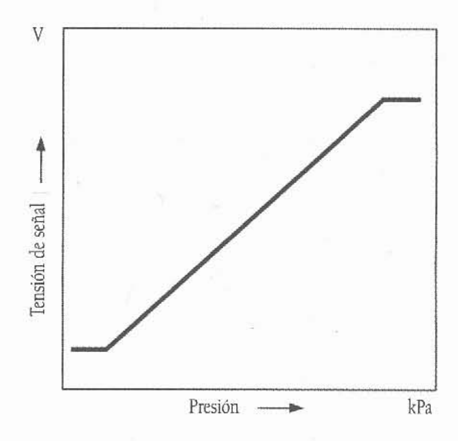


Figura 8.171.

puestas cuatro resistencias de medición (R4, R2), cuya resistencia eléctrica varía bajo tensión mecánica.

En el sensor de presión puede estar integrado adicionalmente un sensor de temperatura (figura 8.171, 1) que se puede evaluar independientemente. Esto significa que hay que montar solamente un sensor para medir la temperatura y la presión.

38.6.5. Funcionamiento

Según cuál sea la magnitud de la presión se curva diferentemente la membrana de la célula de sensor (pocas µmm). Las cuatro resistencias de medición sobre la membrana modifican su resistencia eléctrica bajo las tensiones mecánicas producidas (efecto piezorresistivo).

Las resistencias de medición están dispuestas sobre el chip de silicio de tal forma que al deformarse la membrana aumenta la resistencia de dos de las resistencias de medición, a la vez que disminuye la misma en las dos restantes. Las resistencias de medición están dispuestas en puente de Wheatstone (figura 8.168) (5). Debido al cambio de las resistencias se va modificando también la relación de las tensiones eléctricas en las resistencias de medición. Debido a ello se modifica la tensión de medición UA. La tensión de medición es, pues, una medida para la presión en la membrana.

Mediante el puente resulta una tensión de medición más alta que al evaluarse solamente una resistencia individual. El puente de Wheatstone permite obtener así una alta sensibilidad.

El lado de la membrana que no queda sometido a la presión de medición se encuentra expuesto a un vacío de referencia (figura 8.167) (2), de modo que el sensor mide el valor absoluto de la presión.

El sistema electrónico evaluador completo está integrado en el chip y tiene la misión de amplificar la tensión de puente, de compensar influencias de temperatura y de linealizar la curva característica de presión. La tensión de salida es del orden de 0...5 V y se suministra a la unidad de control de motor a través de conexiones eléctricas (figura 8.170, 5). Mediante una curva característica ahí programada se calcula la presión (figura 8.171).

39. SENSORES INDUCTIVOS DE REVOLUCIONES Y ÁNGULO DE GIRO

39.1. Aplicación

Los sensores de revoluciones se aplican para la detección:

- *de la posición del cigüeñal (posición de los pistones del motor) y*
- de la posición del émbolo en bombas de inyección distribuidoras controladas por electroválvula.

Mediante la frecuencia de las señales del sensor de revoluciones se calcula el numero de revoluciones. La señal del sensor de revoluciones es una de las magnitudes más importantes del control electrónico del motor.

39.2. Estructura y funcionamiento

El sensor se monta, separado mediante un entrehierro, directamente al frente de una rueda transmisora ferromagnética (figura 8.170). *Éste contiene un núcleo de hierro dulce* (espiga polar) (4) que está rodeado por un devanado (5). La espiga polar comunica además con un imán permanente (1). Hay un campo magnético que se extiende sobre la espiga polar y penetra en la rueda transmisora (8). El flujo magnético a través de la bobina depende de si delante del sensor se encuentra un hueco o un diente de la rueda transmisora. Un

Sensor de revoluciones inductivo

1 Imán permanente 2 cuerpo 3 cuerpo del motor 4 núcleo de hierro dulce 5 devanado 1bobina) 6 entreNierro 7 campo magnético 8 rueda transmisora con marca de referencia

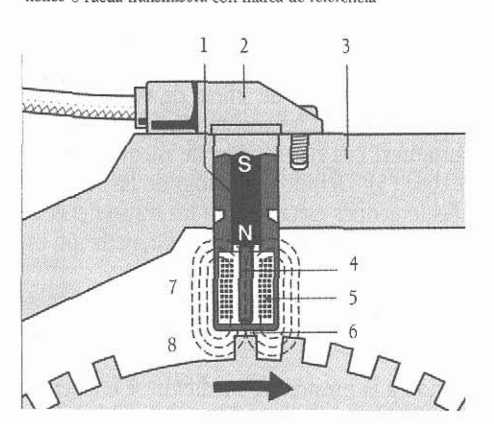


Figura 8.172.

Señal de un sensor de revoluciones inductivo. 1 Diente 2 hueco entre dientes 3 marca de referencia

Tensión de señal
Tiempo

Figura 8.173.

diente concentra el flujo de dispersión del imán. Se produce una intensificación del flujo útil a través de la bobina. Un hueco, en cambio, debilita este flujo magnético. Si la rueda transmisora está girando, estos cambios del flujo magnético inducen en la bobina una tensión de salida sinusoide, proporcional a la velocidad de cambio.

La amplitud de la tensión alterna crece fuertemente al aumentar el número de revoluciones. Existe una amplitud suficiente a partir de un número de revoluciones mínimo de 30 vueltas por minuto.

El número de los dientes de la rueda transmisora depende de la aplicación. En los sistemas modernos de gestión de motores se utilizan generalmente ruedas transmisoras con división 60, habiéndose saltado dos dientes (8). Quiere decir que la rueda transmisora tiene 60 - 2 = 58 dientes. El hueco entre dientes especialmente grande es una marca de referencia y está en correspondencia con una posición definida del cigüeñal. Sirve para la sincronización de la unidad de control.

El diente y la geometría polar tienen que estar adaptados entre si. El circuito evaluador en la unidad de control convierte la tensión sinusoide de amplitud muy variable a una tensión rectangular con amplitud constante. Esta señal es evaluada en el microcontrolador de la unidad de control.

40. TRANSMISOR DE FASE HALL

40.1. Aplicación

La posición del árbol de levas determina si un pistón del motor que se mueve hacia el punto muerto superior se encuentra en el tiempo de compresión o en el tiempo de escape. El transmisor de fase montado en el árbol de levas suministra esta información a la unidad de control.

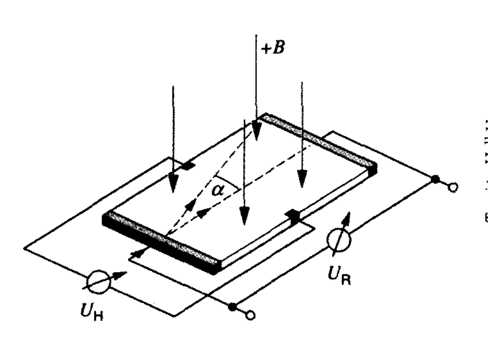
40.2. Estructura y funcionamiento

El transmisor de fase se aprovecha del efecto Hall:

En el árbol de levas están montados dientes de material ferromagnético. Cuando un

Circuito de un elemento sensor Hall

UH Tensión Hall UR tensión lonDitudinal aplicada B inducción magnética orientación de los electrones por e campo magnético



Curva característica de un elemento sensor Hall

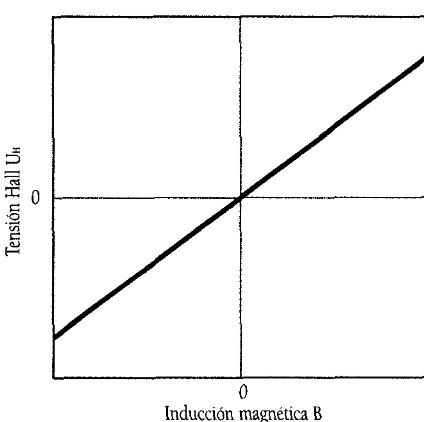
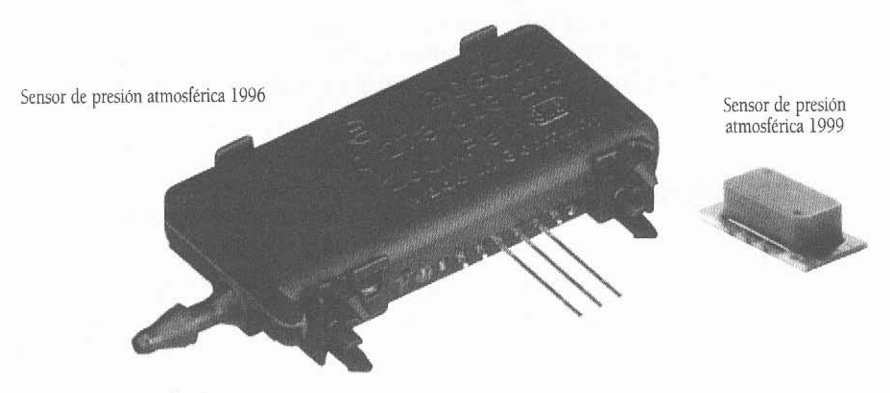


Figura 8.174.

diente pasa por el elemento sensor atravesado por corriente (plaquita semiconductora) del transmisor de fase, su campo magnético orienta los electrones en las plaquitas semiconductoras, perpendicularmente a la dirección de paso de la corriente (figura 8.174). Se forma así una señal de tensión (tensión Hall), que comunica a la unidad de control, en qué tiempo de trabajo se encuentra en este momento el primer cilindro. La señal de salida es del orden de los milivoltios e independiente de la velocidad relativa entre el sensor y la rueda transmisora. Se prepara y emite por el sistema electrónico evaluador integrado.

40.3. Principlo Hall diferencial

Aparte de los sensores Hall sencillos se aplican también elementos Hall diferenciales. Estos constan de dos elementos Hall desfasados entre sí. Estos suministran una señal de



Grados de integración de sensores.

SE Sensor(es), **SA** preparación analógica de señales, **A/D** convertidor analógico-digital, **SG** unidad digital de control, **MC** microprocesador (electrónica evaluadora).

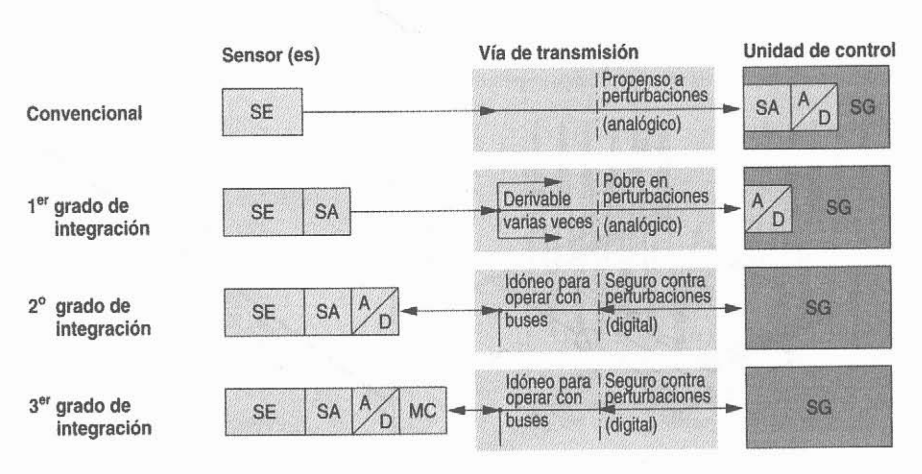


Figura 8.175.

salida que es proporcional a la diferencia de la densidad de flujo entre los dos lugares de medición. Las ventajas de la evaluación diferencial son un amplio margen de los entrehierros y una buena compensación de temperaturas. Los inconvenientes consisten en la dependencia de la posición de montaje y en la necesidad de una rueda transmisora de dos pistas para generar una señal en ambos elementos Hall.

40.4. Sensor de varilla Hall

El elemento Hall está dispuesto directamente sobre el polo de un imán permanente. Al hacer pasar de largo una masa ferromagnética, el flujo magnético a través del elemento Hall cambia y con ello la tensión del sensor.

40.5. Salida digital

La señal de salida puede ser emitida también como señal digital.

40.6. Sensores integrados

Debido a la microtécnica moderna, los sensores son cada vez más pequeños, rápidos y exactos. En el futuro la preparación de señales, la conversión analógicodigital, e incluso un pequeño microprocesador para el procesamiento ulterior de las señales, van a estar integradas ya en el sensor, conforme a su grado de integración. Esto tiene las ventajas siguientes:

– En la unidad de control se requiere un volumen menor de cálculos.

– Un interfaz uniforme, flexible e idónea para operar con buses permite la aplicación de sensores diferentes.

Un sensor puede ser utilizado varias veces por diferentes undiades de control a través del bus de datos.

Pequeños efectos de medición (p. ej. el piezoefecto) pueden ser registrados (amplificación in situ).

Es posible una calibración sencilla.

41. SENSORES DE PEDAL ACELERADOR

41.1. Aplicación

En el moderno control electrónico del motor, el desco del conductor (p.ej. aceleración, marcha constante) ya no se comunica más al control del motor a través de un cable de tracción o varillaje. Un sensor de pedal acelerador (llamado también transmisor del valor de pedal, PWG) detecta la posición del pedal y la transmite a la unidad de control.

41.2. Estructura y funcionamiento

El componente esencial es un potenciómetro (resistencia eléctrica variable). Dependiendo de la posición del pedal acelerador surge en éste una tensión. Conforme a una linea característica programada en la unidad de control se calcula la posición del pedal acelerador a partir de esta tensión. Para fines de diagnóstico y en su caso para la representación de una función sustitutiva se tiene integrado un sensor redundante (doble). Se diferencia entre dos versiones:

Curva característica de un sensor de pedal acelerador con potenciómetro redundante

1 Potenciómetro 1 (potenciómetro piloto) 2 potenciómetro 2 (media tensión)

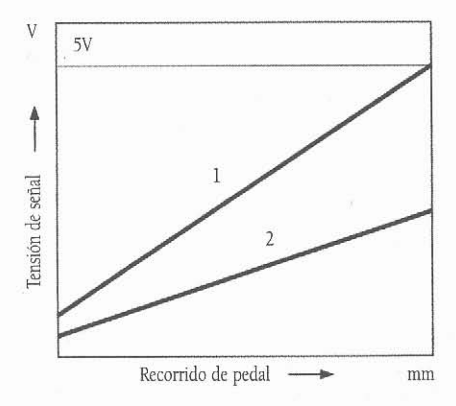


Figura 8.176.

Conmutador de ralentí

El conmutador de ralentí cambia su estado, en caso de recorridos pequeños del pedal, de "señal de margen de ralentí" a "señal de margen plena carga". Para los vehículos con cambio automático es posible, en esta variante, que un cormutador adicional genere una señal.

Segundo potenciómetro

Un segundo potenciómetro redundante suministra en todos los puntos de servicio siempre la media tensión del primer potenciómetro ("Factor de potenciómetro doble 2") (figura 8.176).

Los sensores de pedal acelerador se montan como sensores individuales (figura 8.177) a, o como módulos completos (b, c). En el caso de módulos no se requieren, en el vehículo, trabajos de ajuste entre la posición del pedal y el sensor.

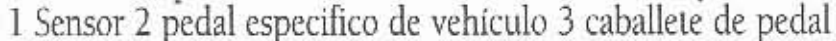
42. MEDIDOR DE MASA DE AIRE DE PELÍCULA CALIENTE HFM5

42.1. Aplicación

Para poder cumplir los valores de gases de escape establecidos legalmente, es necesario un cumplimiento exacto de la masa de aire en el estado de servicio correspondiente.

Formas constructivas del sensor de pedal acelerador

a Sensor de pedal acelerador PWG3 b módulo suspendido de pedal acelerador FMP1 c módulo enhiesto de pedal acelerador FMP1
1 Sensor 2 pedal especifico de vehículo 3 caballete de pedal



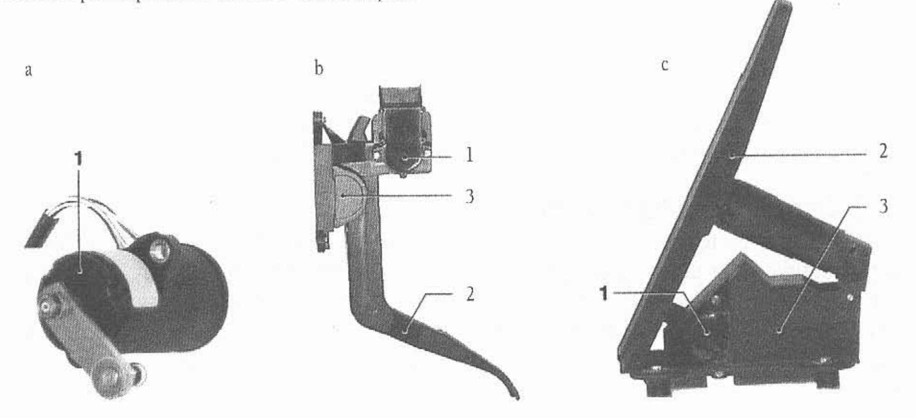


Figura 8.177.

Para ello se requiere un sensor que registre con gran precisión el flujo de masa de aire de admisión real. Se tienen que detectar las pulsaciones y reflujos causados por la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape. Tampoco las modificaciones de la temperatura del aire de admisión deben influir en la exactitud de medición. Para ello sirve el medidor de masa de aire de película caliente HFM5.

Medidor de masa de aire de película caliente HFM5 (esquema)

1 Conexiones eléctricas 2 tubo de medición o cuerpo de filtro de aire. 3 electrónica evaluadora (circuito híbrido) 4 admisión de aire 5 elemento sensor 6 escape de aire 7 canal bypass 8 cuerpo de sensor

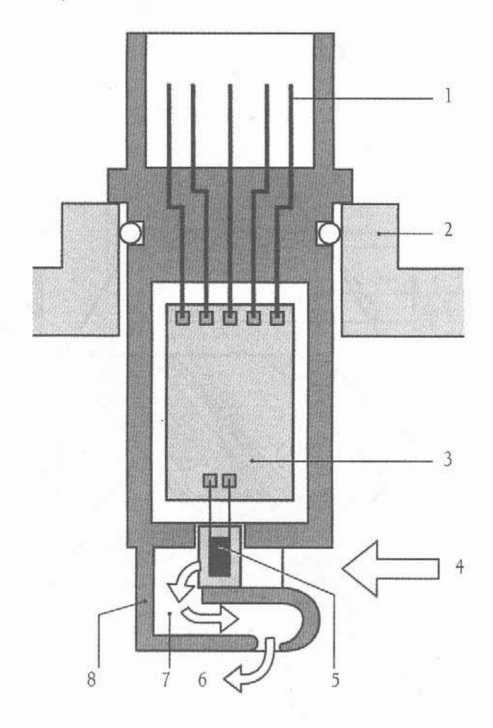


Figura 8.178.

42.2. Estructura

El medidor de masa de aire de película caliente HFM5 está integrado en un tubo de medición (figura 8.178) (2), que cuenta con diámetros diferentes según la masa de aire que necesita el motor (para 370...970 kg/h). Está montado detrás del filtro de aire en el tramo de admisión. También son posibles versiones que se montan como sensor insertable en el filtro de aire.

Los componentes esenciales son un elemento sensor 15), en el que fluye el aire en el tubo de admisión, y un sistema electrónico evaluador (3) integrado. Los componentes del elemento sensor están metalizados por evaporación sobre un substrato semiconductor, y los del sistema electrónico evaluador sobre un substrato cerámico. De este modo es posible un tamano pequeño. El aire fluye, sobre un canal bypass (7), a lo largo del elemento sensor. La configuración del canal bypass mejora el comportamiento del sensor en caso de flujos con fuertes pulsaciones. También se reconocen los flujos de retroceso. El medidor de masa de aire de película caliente comunica con la unidad de control a través de conexiones eléctricas (1).

42.3. Funcionamiento

El medidor de masa de aire de película caliente es un "sensor térmico". Trabaja según el siguiente principio:

En el elemento sensor (figura 8.179) (3), se calienta una membrana sensora micromecánica (5) mediante una resistencia calefactora en disposición central. Fuera de esta zona de calefacción (4) la temperatura disminuye a ambos costados.

La distribución de la temperatura sobre la membrana es registrada por dos resistencias dependientes de la temperatura que están montadas simétricamente con respecto a la resistencia calefactora flujo arriba y flujo abajo sobre la membrana (puntos de medición M_1, M_2). Al no haber afluencia de flujo de aire tenemos una caída de temperatura igual a ambos lados (1).

Principio de medición del medidor de masa de aire de película caliente

1 Perfil de temperatura sin afluencia 2 perfil de temperatura con afluencia 3 elemento sensor 4 zona de calefacción 5 membrana sensora 6 HFM5 con tubo de medición 7 flujo de aire M1 M2 Puntos de medición T1 T2 valores de temperatura en los puntos de medición M1 y M2 AT diferencia de temperatura

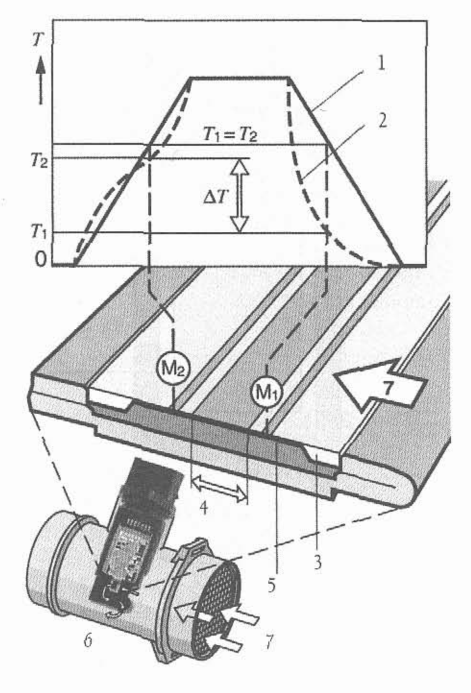


Figura 8.179.

Si el aire fluye sobre el elemento sensor cambiará la distribución de temperatura sobre la membrana (2). En el lado de aspiración tendremos una caída de temperatura más pronunciada, por cuanto el flujo de aire enfriará esta parte. En el lado opuesto, orientado hacia el motor, se enfriará primero el elemento sensor. Ahora bien, posteriormente el aire calentado por el elemento calefactor calentará el elemento sensor. La modificación de la distribución de temperatura (AT) desemboca en una diferencia de temperatura entre los puntos de medición M_1 y M_2.

El calor cedido al aire, y con ello la caída de temperatura en el elemento sensor, depende *de la masa de aire que va* pasando. La diferencia de temperatura es, independiente de la temperatura absoluta del aire que va pasando, una medida representativa de la masa del flujo de aire. La diferencia de temperatura es, además, dependiente de la dirección, de modo que el medidor de masa de aire puede registrar tanto la magnitud como la dirección de un flujo de masa de aire.

La diferencia de resistencia en los puntos de medición M, y M2 es convertida en una señal de tensión análoga entre 0...5 V, adaptada para la unidad de control, por un sistema electrónico evaluador (circuito híbrido) integrado en el sensor. Con la ayuda de una curva característica de sensor (figura 8.180) programada en la unidad de control, la tensión medida es convertida a un valor para el flujo de masa de aire [kg/h]. La curva característica está diseñada de tal forma que el diagnóstico integrado en la unidad de control pueda reconocer averías como p. ej. una interrupción de línea.

En el HFM5 puede estar integrado un sensor de temperatura para evaluaciones adicionales. Este se encuentra en el cuerpo de plástico. No se necesita para la determinación de la masa de aire.

43. UNIDAD DE CONTROL

Mediante la técnica digital moderna se abren múltiples posibilidades en cuanto al control en el automóvil. Hay muchas magnitudes influyentes que se pueden integrar simultáneamente de modo que los sistemas puedan operarse de manera óptima. La unidad de control recibe las señales de los sensores y transmisores de valor teórico, las evalúa y calcula las señales de activación para los elementos actuadores. El programa de control está almacena-

do en una memoria. De la ejecución del programa se encarga un microcontrolador.

43.1. Condiciones de aplicación

A la unidad de control se le plantean altas exigencias en lo referente a

- la temperatura del entorno (bajo condiciones de marcha normal de-40...+85°C para vehículos industriales y-40...+70°C para turismos),
- la resistencia a los consumibles (aceite, combustible, etc.),
- la humedad del entorno y
- los esfuerzos mecánicas como p. ej. vibraciones por el motor.

Igualmente son muy altas las exigencias a la compatibilidad electromagnética (CEM) y a la limitación de la irradiación de señales perturbadoras de alta frecuencia.

Tensión de señal del HFM5 en dependencia de la masa de aire que va pasando

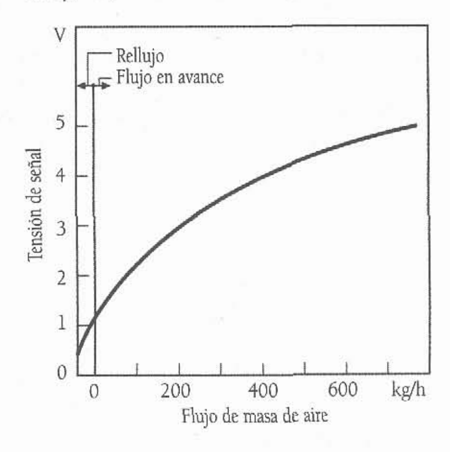


Figura 8.180.

43.2. Estructura

La unidad de control (figura 8.181) se encuentra dentro de una carcasa metálica. Los sensores, los actuadores y la alimentación de corriente, están conectados a la unidad de

Estructura de una unidad de control

1 Enchufe 2 etapas finales de pequeña potencia 3 unidad de alimentación 4 interfaz CAN 5 núcleo de microcontrolador 6 etapas finales de alta potencia 7 circuitos generales de entrada y salida

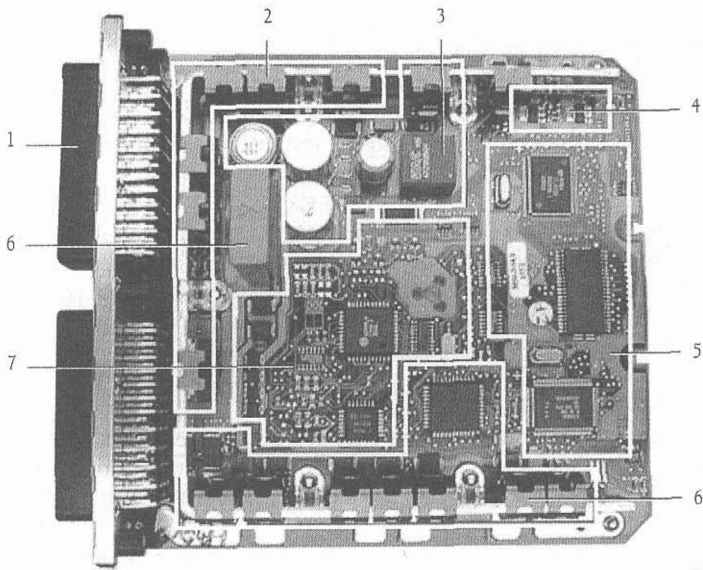


Figura 8.181.

control a través de un conector multipolar (1). Los componentes de potencia para la activación directa de los actuadores están integrados en la carcasa de la unidad de control, de tal forma que se garantiza una buena disipación térmica hacia la carcasa. En caso de montaje de la unidad de control, adosada al motor el calor de la carcasa se puede disipar a través de una placa integrada de retrigeración, entregándoa al combustible que rodea la unidad de control (Refrigerador de unidad de control, solamente vehículos industriales).

Casi todos los componentes electrónicos están ejecutados en técnica SMD (Surface Mounted Devices, componentes montados en superficie). Sólo hay unos pocos componentes de potencia que están cableados, así como los enchufes. Esto permite una construcción muy idónea para ahorrar espacio y peso.

43.3. Procesamiento de datos Señales de entrada

Los sensores, junto a los actuadores como periferia, constituyen la interfaz entre el vehículo y la unidad de control como unidad de procesamiento.

Las señales eléctricas de los sensores son conducidas a la unidad de control a través del mazo de cables y conectores. Estas señales pueden tener diferentes formas:

43.4. Señales de entrada analógicas

Las señales de entrada analógicas pueden adoptar cualquier valor de tensión dentro de una gama determinada. Ejemplos de magnitudes físicas disponibles como valores de medición analógicos son la masa de aire aspirada, la tensión de la batería, la presión en el tubo de admisión y de sobrealimentación, la temperatura del agua refrigerante y del aire de admisión. Son transformadas por un convertidor analógicoldigital (A/D) en el microcontrolador de la unidad de control, convirtiéndolas en valores digitales, con los que puede operar el microprocesador. La resolución de la señal depende de la cantidad de escalones al efectuarse la conversión.

43.5. Señales de entrada digitales

Las señales de entrada digitales tienen solamente dos estados, "High" y "Low". Ejemplos de señales de entrada digitales son las de conmutación (conexiónidesconexión) o señales de sensores digitales como impulsos de revoluciones de un sensor Hall. Pueden ser procesadas directamente por el microcontrolador.

43.6. Señales de entrada pulsatorias

Las señales de entrada pulsatorias de sensores inductivos con informaciones sobre el número de revoluciones y la marca de referencia son preparadas en una parte propia del circuito de la unidad de control. A su vez se suprimen impulsos parásitos, y las señales pulsatorias son transformadas en señales digitales rectangulares.

43.7. Preparación de señales

Las señales de entrada se limitan, con circuitos de protección, a niveles de tensión admisibles. La señal útil se libera ampliamente de señales perturbadoras superpuestas, mediante filtración, y se adapta en su caso por amplificación a la tensión de entrada admisible de la unidad de control.

Según el nivel de integración, la preparación de señales puede realizarse parcial o totalmente en el sensor.

43.8. Procesamiento de señales

La unidad de control es la central de mando para el desarrollo de las funciones. En el microcontrolador se ejecutan los algoritmos de mando y regulación. Las señales de entrada puestas a disposición por los sensores, transmisores de valor teórico e interfaces hacia otros sistemas, sirven de magnitudes de entrada. En el procesador se vuelven a someter a un examen de plausibilidad. Las señales de salida se calculan con la ayuda del programa y de las curvas y campos característicos. Un cuarzo lleva el control de cadencia del microcontrolador.

43.9. Memoria de programa

El microcontrolador necesita un programa que está almacenado en una memoria de valor fijo (ROM 0 EPROM).

Adicionalmente existen en esta memoria datos específicos (datos individuales, curvas características y campos caracteristicos). Se trata, en este caso, de datos invariables que no pueden ser modificados durante el servicio del vehículo.

El gran número de variantes de los vehículos que requieren unos conjuntos de datos variadísimos exigen la reducción de los tipos de unidades de control que necesitan los

Procesamiento de señales en la unidad de control

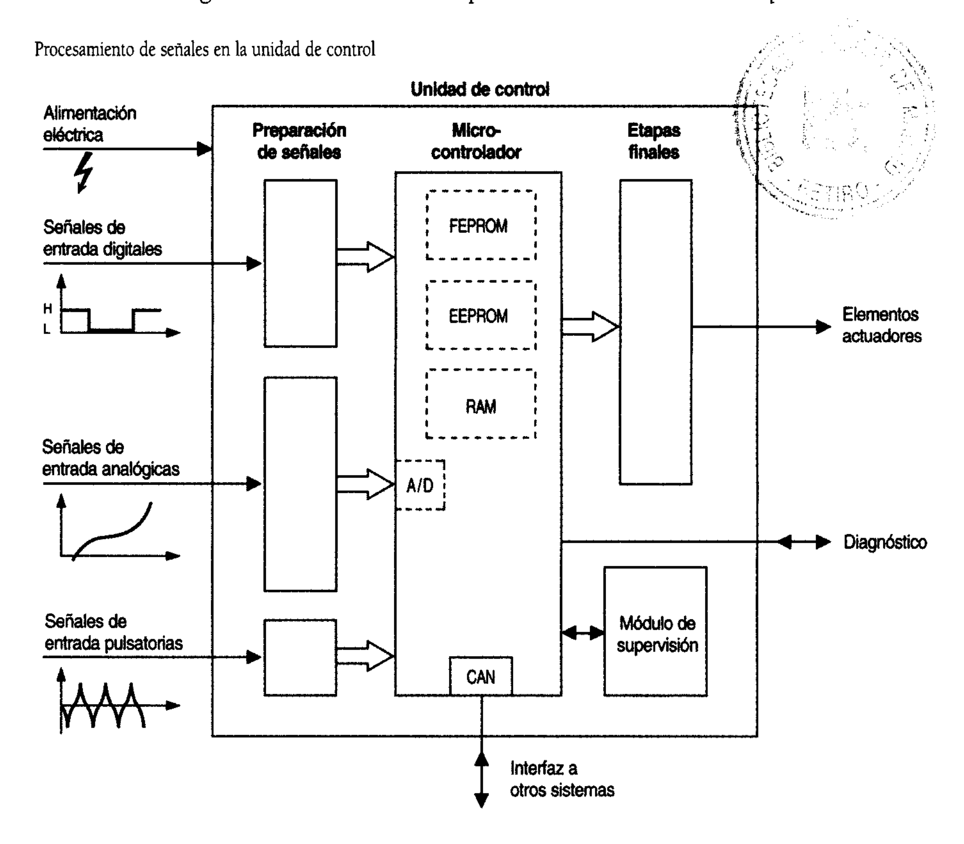


Figura 8.182.

fabricantes de automóviles. Para ello es posible programar, al final de la producción del vehículo, el área de memoria completa del FlashEPROM (FEPROM) con el programa y el conjunto de datos especifico de la variante (EOL: Programación End Of Line). Otra posibilidad consiste en almacenar en la memoria más de una variante de datos (p. ej. variantes nacionales), que pueden ser seleccionadas a través de la programación al final de la cadena. Figura 8.182.

43.10. Memoria de datos

Una memoria de escritura/lectura (RAM) es necesaria para almacenar datos variables, como p. ej. valores de cálculo y valores de señal. Para su funcionamiento la memoria RAM necesita un abastecimiento continuo de corriente. Al desconectar la unidad de control por el interruptor de encendido, esta memoria pierde todos los datos almacenados (memoria volátil). Los valores de adaptación (valores aprendidos sobre estados del motor y de servicio) tienen que determinarse de nuevo en este caso al conectar otra vez la unidad de control.

Los datos que no se deben perder (p. ej. códigos para el inmovilizador y datos de la memoria de averías) se tienen que almacenar de forma duradera en una EEPROM. Los datos almacenados en este acumulador no se pierden, ni siquiera al desembornarse la batería.

43.11. ASIC

Debido a la complejidad cada vez mayor de las funciones de la unidad de control, ya no basta la capacidad de cálculo del microcontrolador. El remedio lo proporcionan los componentes ASIC (Application Specific Integrated Circuit). Estos IC (Integrated Circuit, circuito integrado) se diseñan y fabrican según las pautas del desarrollador de la unidad de control. Contienen, por ejemplo, una RAM adicional, entradas y salidas, y son capaces de generar y emitir señales MID.

43.12. Módulo de supervisión

La unidad de control dispone de un módulo de supervisión que está integrado en el ASIC. El microcontrolador y el módulo de supervisión se supervisan recíprocamente. Al reconocerse una avería pueden interrumpir ambos la inyección independientemente entre sí.

43.13. Señales de salida

Con las señales de salida el microcontrolador controla unas etapas finales que normalmente suministran suficiente potencia para la conexión directa de los elementos actuadores o acciona relés. Las etapas finales están protegidas contra cortocircuitos a masa o a tensión de la batería, así como contra destrucción debida a sobrecarga eléctrica. Estas averías, así como cables interrumpidos o averías de sensores, son reconocidas por los controladores de etapas finales y son retransmitidas al microcontrolador.

43.13.1. Señales de conmutación

Mediante las señales de conmutación es posible conectar y desconectar los elementos actuadores (p. ej. ventilador de motor).

43.13.2. Señales MID

Las señales de salida digitales se pueden emitir también como señales MID. Estas señales de "Modulación por Impulsos en Duración" son unas señales rectangulares con fre-

cuencia constante pero tiempo de conexión variable (figura 8.183). Mediante estas señales es posible activar los convertidores electroneumáticos en cualquier posición (p.ej. válvula de retroalimentación de gases de escape).

Señales MID.
a Frecuencia tija, b tiempo de conexión variable

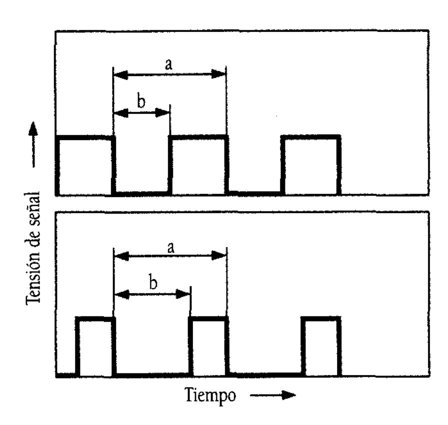


Figura 8.183.

43.14. Comunicación dentro de la unidad de control

Los componentes periféricos que apoyan al microcontrolador en su trabajo se tienen que poder comunicar con éste. Esto tiene lugar a través del bus de direcciones datos. El microcontrolador emite p. ej. la dirección RAM, a través del bus de direcciones, cuyo contenido memorizado requiere ser leído. A través del bus de datos serán transmitidos seguidamente los datos correspondientes a la dirección. Los antiguos desarrollos aplicados a los vehículos motorizados se conformaban con una estructura del bus de 8 bits. Esto significa que el bus de datos está compuesto por ocho conductores, a través de los cuales se pueden transmitir 256 valores. Con el bus de direcciones de 16 bits que es usual en estos sistemas se pueden transmitir 65536 direcciones. Los sistemas complejos de hoy día requieren 16 ó incluso 32 bits para el bus de datos. Para economizar patillas en los componentes, es posible multiplexar el bus de datos y direcciones, o sea que la dirección y los datos se transmiten de forma desfasada, utilizándose los mismos conductores.

43.15. Diagnóstico integrado

43.15.1. Supervisión de sensores

Con la ayuda del diagnóstico integrado, se comprueba en la supervisión de sensores si éstos son abastecidos suficientemente y si su señal está dentro del margen admisible (p. ej. temperatura entre -40 y +150 °C). Las señales importantes se ejecutan 2 hasta 3 veces (redundantemente) siempre que sea posible; es decir, existe la posibilidad de conmutar a otra señal similar o de efectuar una selección de 2 entre 3 en un caso de avería.

43.15.2. Reconocimiento de averías

El reconocimiento de averías es posible dentro del margen de supervisión de un sensor. En caso de funciones con circuito regulador cerrado (p.ej. supervisión de presión) se puede diagnosticar adicionalmente la desviación con respecto a cierto margen de regulación.

Una ruta de señal se considera defectuosa si está presente una avería durante un tiempo definido previamente. La avería se almacena entonces en la memoria de averías de la unidad de control, junto con las condiciones ambientales correspondientes en las que ha aparecido (p.ej. temperatura del líquido refrigerante, número de revoluciones, etc.).

Para muchas averías es posible un "reconocimiento de rehabilitación". Para ello debe reconocerse como intacta la ruta de señal, durante un tiempo definido.

43.15.3. Tratamiento de averías

Al infringirse el margen admisible de señal de un sensor, se conmuta a un valor preestablecido. Este procedimiento se aplica en las siguientes señales de entrada:

- tensión de batería,
- temperatura del líquido refrigerante, del aire y del aceite,
- presión de sobrealimentación,
- presión atmosférica y caudal de aire.

En caso de funciones importantes para la marcha se cuenta con reacciones sustitutivas que permiten proseguir, p.ej. hasta el taller más próximo. En caso de fallo de un potenciómetro del pedal acelerador se podrá contar p. ej. con el valor del segundo potenciómetro si el mismo suministra valores plausibles, o el motor marchará con un régimen fijo y bajo.

Cálculo del caudal de inyección en la unidad de control.

Posición de conmutador A: Arranque, posición de conmuador B: Servicio de marcha.

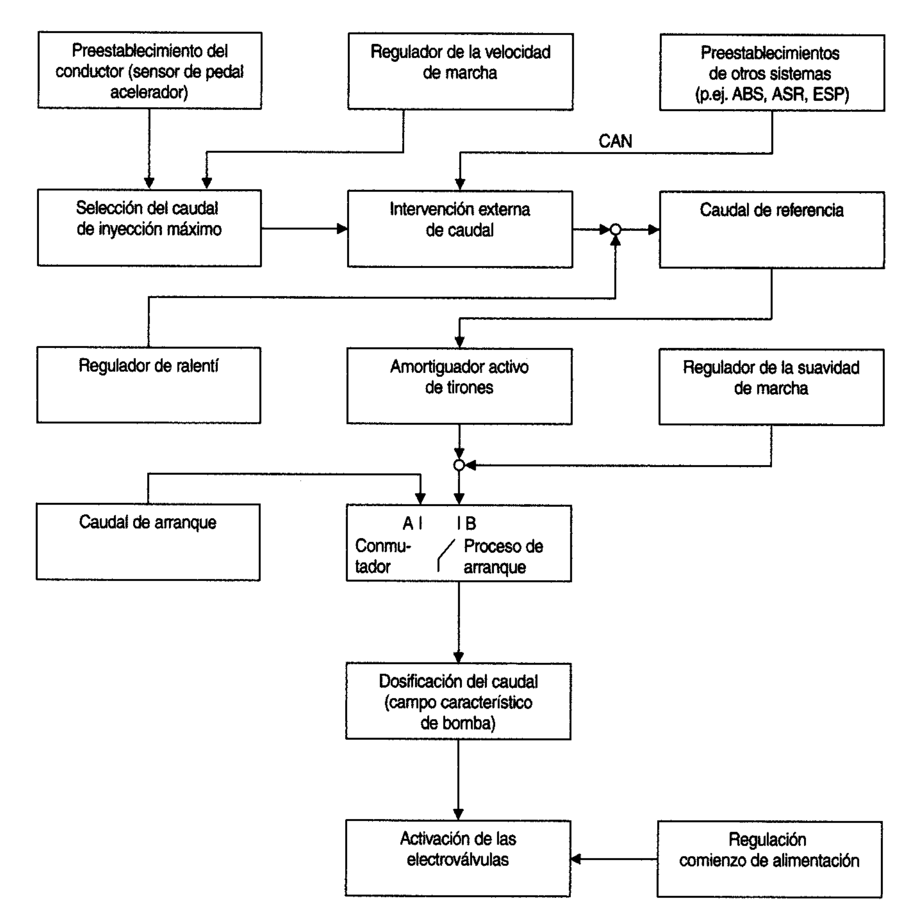


Figura 8.184.

43.16. Funcionamiento del sistema EDC

La unidad de control evalúa las señales de los sensores externos y las limita al nivel de tensión admisible.

El microprocesador calcula a partir de estos datos de entrada y según campos característicos almacenados en memoria, los tiempos (duraciones) de inyección y momentos de inyección, y transforma estos tiempos en desarrollos temporales de señal que están adaptados al movimiento del motor. Debido a la precisión requerida y al alto dinamismo del motor, es necesaria una gran capacidad de cálculo.

Con las señales de salida se activan las etapas finales que suministran suficiente potencia para todos los elementos actuadores (p.ej. electroválvulas). Además se activan también actuadores para las funciones de motor (p. ej. actuador de retroalimentación de gases de escape, actuador de presión de sobrealimentación) y otras funciones auxiliares (p. ej. relé de incandescencia, acondicionador de aire). Las etapas finales están protegidas contra cortocircuitos y destrucción debida a sobrecarga eléctrica. El microprocesador recibe retroinformación sobre anomalías de este tipo así como sobre cables interrumpidos.

Las funciones de diagnóstico de las etapas finales para las electroválvulas reconocen también desarrollos deficientes de señal. Adicionalmente se retransmiten algunas señales de salida, a través de las interfaces, a otros sistemas del vehículo. En del marco de un concepto de seguridad, la unidad de control supervisa también el sistema de inyección completo.

43.17. Regulación de los estados de servicio

Para que el motor funcione en cualquier estado de servicio con una combustión óptima, en la unidad de control se calcula el caudal de inyección adecuado en cada caso. Para ello deben considerarse diversas magnitudes (figura 8.184).

43.17.1. Caudal de arranque

Al arrancar se calcula el caudal de inyección en función de la temperatura del líquido refrigerante y del régimen. El caudal de arranque se establece desde la conexión del interruptor de marcha (figura 8.184, el interruptor pasa a la posición A) hasta que se alcance un régimen de revoluciones mínimo. El conductor no tiene ninguna influencia sobre el caudal de arranque.

43.17.2. Servicio de marcha

En servicio de marcha normal, se calcula el caudal de inyección en función de la posición del pedal acelerador (sensor del pedal acelerador) y del número de revoluciones (figura 8.184, B del interruptor. Esto se realiza mediante el campo característico del comportamiento de marcha. Quedan adaptados así de la mejor forma posible el desco del conductor y la potencia del vehículo.

43.17.3. Regulación de ralentí

Al ralentí del motor, son principalmente el grado de rendimiento y el régimen de ralentí los que determinan el consumo de combustible.

Una gran parte del consumo de combustible de los vehículos motorizados en el denso tráfico rodado, recae sobre este estado de servicio. Por este motivo es ventajoso un régimen

de ralentí lo más bajo posible. Sin embargo, el ralentí debe estar ajustado de tal forma que el régimen de ralentí no descienda demasíado en todas las condiciones (como red del vehículo cargada, acondicionador de aire conectado, marcha engranada en vehículos con cambio automático, servodirección activada, etc.), y el motor funcione irregularmente o incluso llegue a pararse.

Para el ajuste del régimen teórico de ralentí, el regulador de ralentí varia el caudal de inyección hasta que el régimen real medido sea igual que el régimen teórico preestablecido. El régimen teórico y la característica de regulación son influidos aquí por la marcha conectada (con cambio automático) y por la temperatura del motor (sensor de temperatura del líquido refrigerante).

Además de los pares de carga externos están los pares de fricción internos que deben ser compensados por la regulación del ralentí. Estos pares (de fuerza) varían ligeramente pero contínuamente a lo largo de toda la vida útil del motor y además dependen en gran medida de la temperatura.

43.17.4. Regulación de la suavidad de marcha

Debido a tolerancias mecánicas y las alteraciones durante el periodo de marcha, no todos los cilindros del motor generan el mismo par motor. Esto tiene como consecuencia un funcionamiento "no suave" del motor, especialmente al ralentí. El regulador de la suavidad de marcha determina las variaciones del régimen después de cada combustión y las compara entre si. El caudal de inyección para cada cilindro se ajusta entonces en función de las diferencias de revoluciones, de tal forma que en lo posible todos los cilindros contribuyan por igual a la generación del par motor.

43.17.5. Regulación de la velocidad de marcha

El regulador de la velocidad de marcha se ocupa de la circulación a una velocidad constante. El regulador ajusta la velocidad del vehículo a un valor deseado. Este valor puede ajustarse mediante una palanca de operación en el cuadro de instrumentos.

El caudal de inyección se eleva o se reduce continuamente hasta que la velocidad real corresponde a la velocidad teórica ajustada. Si, estando conectado el regulador, el conductor pisa el pedal de embrague o de freno, se desconecta el proceso de regulación. Accionando el pedal acelerador es posible acelerar superando la velocidad teórica momentánea. Al soltar de nuevo el pedal acelerador, el regulador ajusta de nuevo la última velocidad teórica vigente. Igualmente es posible cuando el regulador está desconectado ajustar de nuevo la última velocidad teórica seleccionada con la ayuda de la posición de recuperación de la palanca de operación.

También es posible modificar escalonadamente la velocidad teórica mediante la palanca de operación.

43.17.6. Regulación del caudal de referencia

No siempre debe inyectarse el caudal de combustible deseado por el conductor o fisicamente posible.

Esto puede tener las siguientes razones:
- emisiones excesivas de contaminantes,
- expulsión excesiva de hollín,
- sobrecarga mecánica debido a un par motor excesivo o un exceso de revoluciones, o bien

- sobrecarga térmica debido a temperatura excesiva del líquido refrigerante, del aceite o del turbocompresor.

El caudal de limitación se forma a partir de distintas magnitudes de entrada, p.ej. masa de aire aspirada, número de revoluciones y temperatura del líquido refrigerante.

43.17.7. Amortiguación activa de tirones

Al accionar o soltar el pedal de acelerador repentinamente se da una velocidad de variación muy grande del caudal de inyección y, por tanto, también del par motor. El alojamiento elástico del motor y la cadena cinemática originan por este cambio de carga abrupto oscilaciones en forma de tirones que se manifiestan como una fluctuación del régimen del motor (figura 8.185).

La opción del amortiguador activo de tirones reduce estas oscilaciones periódicas del régimen, variando el caudal de inyección con el mismo período de oscilación: al aumentar el número de revoluciones, se inyecta menos caudal; al disminuir el número de revoluciones, se inyecta más caudal. El movimiento de tirones queda así fuertemente amortiguado.

Amortiguador activo de tirones

1 Accionamiento repentino del pedal acelerador (deseo del conductor) 2 desarrollo del número de revoluciones sin una amortiguación de tirones activa 3 con amortiguación de tirones activa

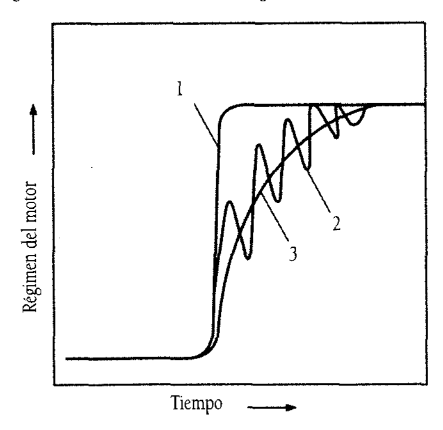


Figura 8.185.

43.17.8. Corrección de altitud

Con la ayuda del sensor de presión de entorno la unidad de control puede registrar la presión atmosférica. La presión atmosférica ejerce influencia en la regulación de la presión de sobrealimentación y la limitación del par motor. Con ello es posible reducir, cuando se está a mayor altitud, el caudal de inyección, disminuyéndo la expulsión de humos.

43.17.9. Desconexión de cilindro

Si se desea un par motor reducido a altos regímenes de revoluciones del motor, se tiene que inyectar muy poco combustible. Una posibilidad adicional es la llamada desconexión de cilindro. En este caso se desconecta la mitad de los inyectores (UIS, UPS, CR) y se operan los inyectores restantes con un caudal correspondientemente mayor. Este caudal se puede inyectar con una precisión más alta.

Mediante unos algoritmos de software especiales se pueden conseguir transiciones suaves, o sea sin cambios del par motor, al conectarse o desconectarse los cilindros.

43.17.10. Parada del motor

El principio de trabajo de "autoencendido" tiene como consecuencia que el motor Diesel sólo pueda pararse interrumpiendo la afluencia de combustible.

En el caso de la regulación electrónica Diesel, el motor se para mediante la orden de la unidad de control "Caudal de inyección cero" (ninguna activación de las electroválvulas). Adicionalmente hay una serie de rutas de parada adicionales (redundantes).

Los sistemas unidad de bomba-inyector y unidad de bomba son intrinsecamente seguros, o sea que como máximo se podrá inyectar solo una vez de forma desintencionada. Por ello la parada se lleva a cabo desconectándo la electroválvula.

43.18. Intercambio de informaciones

La comunicación entre la unidad de control del motor y las demás unidades de control se produce a través del bus CAN (Controller-rea Network). Para ello se transmiten los valores teóricos, estados de servicio e informaciones de estado, necesarios para el servicio y para la supervisión de averías (ver "Transmisión de datos a otros sistemas").

43.18.1. Intervención externa de caudal

En la intervención externa de caudal, el caudal de inyección es influido por otra unidad de control (p. ej. ABS, ASR). Esta unidad comunica a la unidad de control del motor si debe modificarse el par motor y en qué magnitud (y con él también el caudal de inyección).

43.18.2. Inmovilizador electrónico

Para la protección antirrobo del vehículo puede impedirse el arrarque del motor con ayuda de una unidad de control adicional para el inmovilizador.

El conductor puede señalizar a esta unidad de control, p. ej. mediante un telemando, que está autorizado a utilizar el vehículo. La unidad habilita entonces, en la unidad de control del motor, el caudal de inyección de forma que es posible el arranque del motor y el servicio de marcha.

43.18.3. Acondicionador de aire

Para conseguir una temperatura interior agradable con temperaturas exteriores elevadas, el acondicionador de aire refrigera el aire con la ayuda de un compresor frigorifico.

Su funcionamiento puede suponer desde un 1% hasta un 30% de la potencia del motor, según el motor y la situación de marcha.

En cuanto el conductor acciona rápidamente el pedal acelerador (deseando asi un par motor máximo), el compresor frigorífico se puede desconectar brevemente del EDC.

De este modo está disponible la plena potencia del motor para el accionamiento. Esto no ejerce ninguna influencia perceptible en la temperatura interior del vehículo.

43.18.4. Unidad de control del tiempo de incandescencia

La unidad de control del tiempo de incandescencia (GZS) para el control de la bujia incandescente recibe de la unidad de control de motor la información sobre el momento y la duración de la incandescencia. La unidad de control del tiempo de incandescencia supervisa el proceso de incandescencia y retroavisa las averías a la unidad de control de motor para la función de diagnóstico.

43.19. Activación de las electroválvulas UI/UP

La activación de las electroválvulas plantea exigencias especiales a las etapas finales. Esta debe realizarse con flancos de corriente muy pronunciados, para conseguir una tolerancia reducida y una elevada capacidad de reproducción del caudal de inyección. La activación se realiza con la ayuda de una regulación de corriente; ésta divide la activación en una fase de corriente de excitación y otra de corriente de retención. Entre estas dos fases se activa brevemente con tensión constante para la detección del momento de cierre de la electroválvula.

Secuencias de activación de las electroválvulas
1 Corriente de excitación 2 reconocimiento BIP 3 corriente de retención 4 cancelación rápida

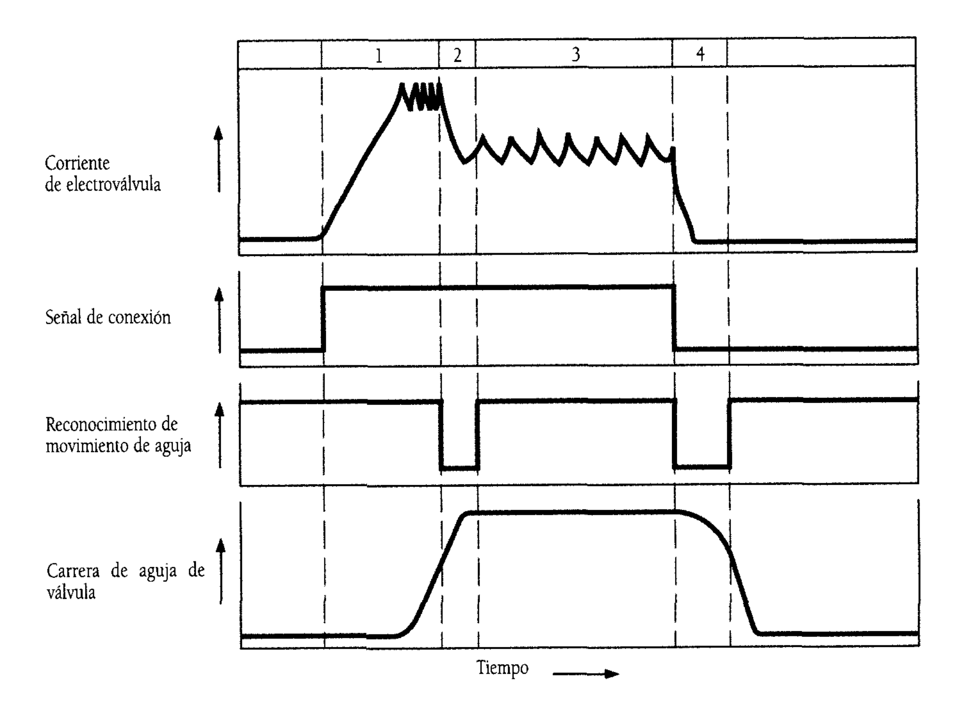


Figura 8.186.

La regulación debe funcionar con tal precisión que la bomba de inyección o el inyector funcionen en cada margen de servicio inyectando de nuevo de forma reproducible. Además tiene que reducir la potencia de pérdida en la unidad de control y en la electroválvula. Para que al final de la inyección se consiga una apertura definida y rápida de la electroválvula, se efectúa una "cancelación rápida" de la energía almacenada en la electroválvula mediante la aplicación de una tensión de bornes elevada.

La división en las diversas fases de activación es calculada por el microcontrolador. Un componente lógico (Gate Array) con una elevada capacidad de cálculo que asiste al microcontrolador, materializa esta exigencia en tiempo real generando dos señales digitales de activación (señal MODE y ON). Estas señales de activación, a su vez, incitan las etapas finales a que generen la secuencia de corriente de activación necesaria (figura 8.186).

43.19.1 Regulación del comienzo de alimentación

El comienzo de alimentación - o BIP (Begin of Injection Period) - está definido como el momento en el cual se cierra la electroválvula. A partir de este momento comienza el aumento de presión dentro de la cámara de alta presión de la bomba. Después de haberse robasado la presión de apertura de la aguja de inyector se abre el inyector y empieza el proceso de inyección (comienzo de inyección). La dosificación de combustible tiene lugar entre el comienzo de alimentación y el final de la activación de la electroválvula, y se denomina duración de alimentación.

El comienzo de alimentación o comienzo de inyección influye esencialmente sobre la potencia, el consumo de combustible, los ruidos y el comportamiento de gases de escape. Su valor teórico está almacenado en campos característicos en la unidad de control, en función del número de revoluciones del motor y del caudal de inyección. Además todavia puede realizarse una corrección en función de la temperatura del líquido refrigerante.

Debido a las tolerancias de fabricación y las alteraciones de las electroválvulas durante el período de marcha pueden aparecer pequeñas diferencias de los tiempos de conmutación de las electroválvulas dentro de un motor, lo que se traduce en diferencias de comienzo de alimentación entre las bombas individuales.

Para el cumplimiento de las legislaciones sobre los gases de escape y para que se alcance una suavidad de marcha eievada es necesario que se compensen estas diferencias mediante una estrategia de regulación.

A causa de la relación directa, antes mencionada, entre el comienzo de alimentación y el de inyección basta, para una regulación exacta del comienzo de inyección, conocer el momento del comienzo de alimentación.

Para poder prescindir de sensores adicionales (p.ej. un sensor de movimiento de aguja) se detecta el comienzo de alimentación mediante una evaluación electrónica de la corriente de la válvula electromagnética. Dentro del margen del momento esperado de cierre de la electroválvula se realiza la activación con tensión constante. Unos efectos inductivos que se producen al cerrarse la electroválvula le imprimen una característica peculiar a la corriente de válvula electromagnética. Ésta es leída y evaluada por la unidad de control. La discrepancia del momento de cierre con respecto al valor teórico esperado se almacena en la memoria para cada una de las electroválvulas y se emplea para la secuencia de inyección siguiente como valor de compensación.

44. TRANSMISIÓN DE DATOS A OTROS SISTEMAS

44.1. Relación general del sistema

La aplicación intensificada de sistemas electrónicos de control y regulación en el automóvil, como p. ej.

- control electrónico del motor o de la bomba de inyección,
- control del cambio, - sistema antibloqueo de frenos (ABS), - sistema de tracción antideslizante (ASR),
- regulación de la dinámica de marcha (ESP). - regulación del momento de arrastre del motor (MSR),
- inmovilizador electrónico (EWS), - ordenador de a bordo, etc.

requiere una interconexión de las diversas unidades de control. El intercambio de informaciones entre los sistemas reduce la cantidad de sensores y mejora el aprovechamiento de los sistemas individuales. Las interfaces de los sistemas de comunicación desarrollados especialmente para vehículos motorizados, pueden subdividirse en dos categorías:

- interfaces convencionales e
- interfaces en serie como p.ej. Controller Area Network (CAN).

44.2. Transmisión de datos convencional

La transmisión de datos convencional en el automóvil se caracteriza por el hecho de que a cada señal le está asignada una conducción individual (figura 8.187). Las señales binarias

solamente pueden transmitirse mediante dos estados "1" (High) ó "O" (Low), (p. ej. compresor de aire acondicionado "Conectado" o "Desconectado") (código binario).

Mediante relaciones de impulsos pueden transmitirse magnitudes variables continuamente, como p.ej. la posición del sensor del pedal acelerador.

El incremento del intercambio de datos entre los componentes electrónicos en el automóvil, ya no puede llevarse a cabo razonablemente con interfaces convencionales. Actualmente la complejidad de los mazos de cables y el tamaño de los enchufes tan solo puede dominarse con gran esfuerzo y cada vez más aumentan las exigencias planteadas al intercambio de datos entre las unidades de control. En algunos vehículos interaccionan unidades de control con hasta 30, componentes. Este volumen no se podria dominar económicamente mediante un cableado convencional.

Transmisión de datos convencional

1 Control del cambio 2 instrumento combinado 3 control del motor 4 ABS/ESR

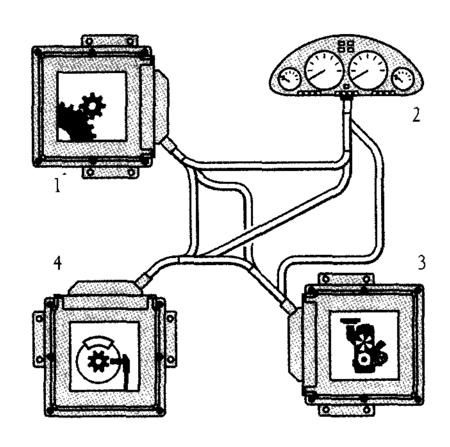


Figura 8.187.

44.3. Transmisión de datos en serie (CAN)

Los problemas de los muchos conductos en el intercambio de datos a través de interfaces convencionales pueden resolverse mediante la aplicación de sistemas de bus. CAN es un sistema de bus desarrollado especialmente para vehículos motorizados. Los datos se trasmiten en serie, es decir, a través de un conducto se envían las informaciones una detrás de otra. Siempre que las unidades de control electrónicas tengan un interfaz en serie CAN, pueden transmitir y recibir datos a través del conducto de bus CAN.

44.3.1. Campos de aplicación

Hay cuatro campos de aplicación para el CAN en el automóvil sujetos a diferentes exigencias:

Aplicación multiplex

La aplicación multiplex se emplea para el control y la regulación de componentes en el sector de la electrónica de carroceria y confort. como p.ej. la regulación del aire acondicionado, el cierre centralizado y el ajuste de asiento.

Las velocidades de transmisión se sitúan tipicamente entre 10 kBits y 125 kBits (LowSpeed-CAN).

Aplicaciones de comunicación móvil

Las aplicación de comunicación móvil comunican componentes tales como el sistema de navegación, el teléfono o los equipos de audio con unidades centrales de indicación y operación. El objetivo perseguido consiste en unificar, en lo posible, las secuencias de operación, agrupar informaciones de estado y conseguir que la distraccion del conductor sea mínima.

Estructura bus lineal

1 Control del cambio 2 instrumento combinado 3 control del motor 4 ABS/ESR

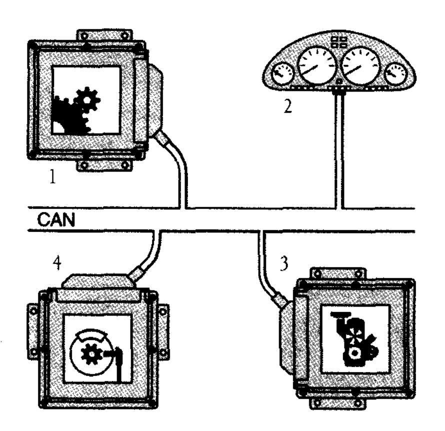


Figura 8.188.

Direccionamiento y comprobación de aceptación

CAN CAN CAN CAN Estación 1 Estación 2 Estación 3 Estación 4

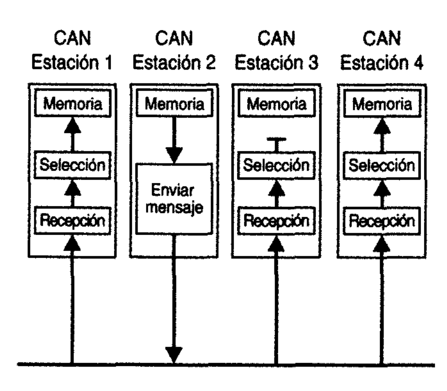


Figura 8.189.

Las velocidades de transmisión de los datos se sitúan en hasta 125 kBits; no obstante, sin ser posible la transmisión directa de datos de audio o video.

Aplicaciones de diagnóstico

Las aplicaciones de diagnóstico que se sirven del CAN tienen por meta el aprovechamiento de la interconexión en red ya existente para el diagnóstico de las unidades de control integradas. Con ello queda obsoleto el diagnóstico a través del conducto K (ISO 9141) que se utilizaba hasta ahora. Como velocidad de transmisión de los datos se han previsto 500 k Bits.

Aplicaciones de tiempo real

Las aplicaciones de tiempo real en las que hay sistemas eléctricos interconectados en red, por ejemplo el control del motor, el control del cambio y la regulación de la dinámica de marcha (ESP), sirven para la regulación del movimiento del vehículo.

Se caracterizan por unas velocidades de transmisión situadas entre 125 k Bits y 1 M Bits (High-Speed-CAN), lo que se requiere para tener asegurado el comportamiento de tiempo real exigido.

44.3.2. Acoplamiento de unidades de control

En el acoplamiento de unidades de control se acoplan entre sí los sistemas electrónicos como el control del motor, sistema antibloqueo (ABS), sistema de tracción antideslizante (ASR) o regulación de la dinámica de marcha (ESP), control electrónico del cambio, etc. a través del interfaz CAN. Las unidades de control están aquí unidas como estaciones con igualdad de derechos, mediante una estructura de bus lineal (figura 8.188). Esta estructura es llamada principio "Multi-Master". Presenta la ventaja de que en caso de fallar una estación, el sistema de bus continúa estando plenamente a disposición para todas las demás estaciones. En comparación con otras disposiciones lógicas (estructuras anulares o estructuras en estrella) se reduce así esencialmente la probabilidad de un fallo total. En el caso de estructuras anulares o en estrella, el fallo de una estación o de la unidad central, conduce a un fallo total.

Las velocidades de transmisión típicas se sitúan entre aprox. 125 k Bits y 1 M Bits. Es imprescindible que sean tan altas para que se tenga asegurado el comportamiento de tiempo real exigido. Esto significa que p.ej. la carga del motor registrada por la unidad de control de motor se tiene que transmitir en unos pocos milisegundos a la unidad de control del cambio.

44.3.3. Direccionamiento referido al contenido

El sistema de bus CAN no asigna direcciones a las diversas estaciones, sino que asigna a cada "mensaje" un "identificador" fijo de 11 bits (formato estándar para turismos) ó de 29 bits (formato extendido para vehículos industriales). Este identificador representa el contenido del mensaje (p. ej. número de revoluciones del motor). Es posible transmitir también varias señales dentro de un mismo mensaje (p. ej. varias posiciones de conmutadores).

Una estación emplea únicamente aquellos datos cuyo identificador correspondiente está almacenado en la lista de mensajes pendientes de recibir (comprobación de aceptación, figura 8.189). Todos los demás datos simplemente se ignoran. Esta función puede realizarla un componente CAN especial (Full-CAN). Gracias a esto se descarga el microcontrolador. Los componentes CAN básicos ven todos los mensajes. El microcontrolador accede entonces a las localizaciones de memoria relevantes.

El direccionamiento referido al contenido hace posible enviar una señal a varias estaciones, mandando un emisor su señal, directamente o a través de una unidad de control, a la red de bus. Ahí la señal está a disposición de todos los receptores. Además es posible realizar muchas variantes de equipamiento, porque pueden añadirse p. ej. estaciones adicionales a un sistema de bus CAN ya existente. Si una unidad de control necesita una información adicional que ya está presente en el bus, ésta la podrá llamar.

44.3.4. Prioridad

El identificador determina junto al contenido de datos simultáneamente la prioridad (preferencia) del mensaje al realizar la emisión. Una señal que vana rápidamente (p.ej. el número de revoluciones del motor) debe transmitirse también con gran rapidez, y recibe por lo tanto una prioridad mayor que una señal que vana relativamente lenta (p. ej. temperatura del motor). Además se clasifican los mensajes según la "importancia" (p.ej. funciones de seguridad). No hay mensajes con igual prioridad.

44.3.5. Asignación de bus

Cuando está libre el bus, cualquier estación puede comenzar a transmitir su mensaje. Si comienzan a emitir varias estaciones simultáneamente, se impone el mensaje de mayor prioridad, sin que se produzca una pérdida de tiempo o de datos ("protocolo no destructivo"). Esto es posible mediante bits "recesivos" (1 lógico) o "dominantes" (O lógico). Los bits "dominantes" "sobreescriben" los bits "recesivos". Los emisores con mensajes de menor prioridad se convierten automáticamente en receptores y repiten su intento de emisión, en cuanto está libre otra vez el bus.

Para que a todos los mensajes les llegue su turno se tiene que adaptar la velocidad del bus al número de estaciones. Para las señales que se modifican permanentemente (p.ej. el número de revoluciones del motor) se establece un tiempo cíclico.

44.3.6. Formato de mensaje

Para la transmisión en el bus se crea un marco de datos (Data Frame), cuya longitud abarca como máximo 130 bits (formato estándar) 0 150 bits (formato extendido). De esta

forma queda asegurado que el tiempo de espera hasta la siguiente transmisión, posiblemente muy urgente, se mantenga siempre corto. Un "Data Frame" consta de siete campos sucesivos (figura 8.190):

"*Start of Frame*" marca el comienzo de un mensaje y sincroniza todas las estaciones.

"*Artitration Field*" consta del identificador del mensaje y un bit de control adicional. Durante la transmisión de este campo, el emisor comprueba en cada bit si todavía está autorizado para emitir o si está emitiendo otra estación de mayor prioridad. El bit de control decide si el mensaje se trata de un "Data Frame" (mensaje con datos) o de un "Remote Frame" (petición de un mensaje).

Formato del mensaje CAN

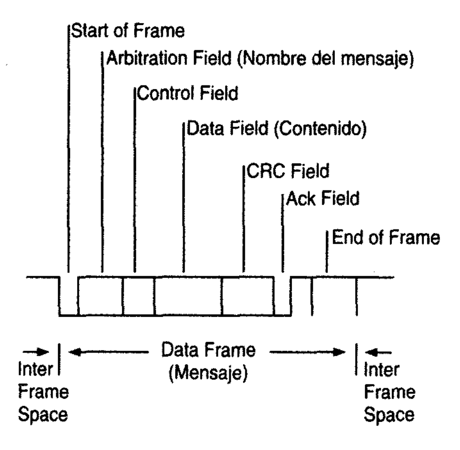


Figura 8.190.

"*Control Field*" contiene el código sobre la cantidad de bytes de datos en el "Data Field". De este modo el receptor puede comprobar si ha recibido todos los datos.

"*Data Field*" dispone de un contenido de informaciones entre O y 8 bytes. Un mensaje de longitud O se puede utilizar para la sincronización de procesos distribuidos.

"*CRC Field*" contiene una palabra de protección de marco para el reconocimiento de posibles anomalías de transmisión que se hayan producido.

"*Ack Field*" contiene una señal de confirmación de todos los receptores que han recibido el mensaje sin fallos - independientemente de si se evalúa el contenido o no.

"*End of Frame*" marca el final del mensaje.

44.3.7. Diagnóstico integrado

El sistema de bus CAN dispone de una serie de mecanismos de control para el reconocimiento de anomalías que están integrados en el componente CAN. Pertenece a ellos p. ej. la señal de seguridad en el "Data Frame" y el "Monitoring", en la que cada emisor recibe otra vez su propio mensaje, pudiendo reconocer entonces posibles divergencias.

Si una estación registra una anomalía, emite entonces un "flag de error", que detiene la transmisión en curso. De esta forma se impide que otras estaciones reciban el mensaje erróneo.

En caso de una estación defectuosa podría ocurrir sin embargo que todos los mensajes, es decir también los mensajes sin errores, sean interrumpidos con un flag de error. Para evitar esto, ei sistema de bus CAN está equipado con un mecanismo que puede distinguir entre anomalías ocasionales y anomalías permanentes y puede localizar fallos de estación. Esto se produce mediante una evaluación estadística de las situaciones de error.

44.3.8. Estandarización

El sistema CAN fue estandarizado tanto por ISO (International Organization for Standardization) como por SAE para el intercambio de datos en automóviles:

- para aplicaciones Low-Speed <1 25k bits como ISO 11 519-2 y
- para aplicaciones High-Speed >125k bits como ISO 11898 y SAE J 22584 (passenger car) o SAE J 1939 (truck and bus).

Además de ello se tiene en preparación una norma ISO para el diagnóstico a través de CAN (ISO 15765- Draft).

45. ELEMENTOS ACTUADORES

Los elementos actuadores transforman las señales eléctricas de salida de la unidad de control en magnitudes mecánicas (p. ej. posición de la válvula de la retroalimentación de gases de escape o de la mariposa).

45.1. Convertidores electroneumáticos

45.1.1. Actuador de la presión de sobrealimentación

El turbocompresor está dimensionado de tal forma que genere una presión de sobrealimentación elevada aunque el número de revoluciones sea pequeño, para permitir un par motor elevado incluso dentro de este margen. Sin regulación alguna, la presión de sobrealimentación elevaría demasiado a números de revoluciones altos. Por ello, una parte de los gases de escape se hace pasar de largo por la turbina del turbocompresor mediante una válvula by-pass (Wastegate) (figura 8.191).

La potencia del turbocompresor se podrá adaptar incluso en las versiones con geometría variable de turbina (VTG). En este caso una válvula electroneumática modifica el ángulo de ajuste de los álabes guía en el canal de los gases de escape.

45.1.2. Válvula de retroalimentación de gases de escape

En la retroalimentación de gases de escape se conduce una parte de dichos gases al tramo de admisión para disminuir la emisión de contaminantes. Una válvula electroneumática entre los tramos de gases de escape y admisión controla el caudal de los gases de escape que son retroalimentados.

45.1.3. Mariposa

La mariposa, activada a través de una válvula electroneumática, tiene en el motor Diesel una función totalmente distinta que en el motor de gasolina: Sirve para aumentar el índice de retroalimentación de gases de escape, mediante reducción de la sobrepresión en el tubo de admisión. La regulación de la mariposa solamente actúa en el margen de revoluciones inferior.

Regulación con actuador de la presión de sobrealimentación

1 Actuador de la presión de sobrealimentación 2 bomba de depresión 3 actuador de presión 4 turbocompresor 5 válvula by-pass 6 flujo de gases de escape 7 flujo de aire de admisión 8 turbina 9 compresor

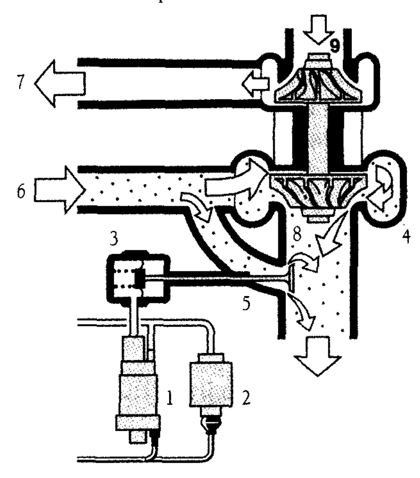


Figura 8.183.

45.1.4. Chapaleta del tubo de admisión

En la unidad de bomba-inyector para turismos, la chapaleta del tubo de admisión activada por la válvula electroneumática interrumpe la alimentación de aire al apagarse el motor. De este modo se comprime menos aire, y el motor decelera suavemente.

45.1.5. Actuador de rotación

El control de rotación en los turismos influye en el movimiento de giro del aire de admisión. La rotación del aire se genera casi siempre mediante canales de entrada de forma espiral. La rotación determina el entromezclado del combustible y el aire en la cámara de combustión e influye considerablemente sobre la calidad de la combustión. Por regla general se genera una rotación fuerte a un número de rewluciones bajo y una rotación débil a un número de revoluciones alto. La rotación puede regularse con la ayuda de un actuador de rotación (una chapaleta o una corredera) en el área de la válvula de admisión.

45.2. Sistemas de freno permanente

Estos dispositivos de frenado para vehículos industriales pesados pueden disminuir la velocidad del vehículo sin desgaste alguno, pero no hasta el punto de quedar detenido. Al contrario de los frenos de servicio, los sistemas de freno permanente son útiles principalmente al recorrer pendientes prolongadas, puesto que el calor de frenado se puede disipar en grado suficiente, incluso si se frena por largo tiempo. Al utilizarse de este modo menos, los frenos de fricción no se calientan, de modo que están plenamente disponibles en caso de una emergencia. Los sistemas de freno permanente son activados por la unidad de control del motor.

45.2.1. Freno motor

Al conectarse el freno motor (también retardador de escape) se interrumpe la afluencia de combustible por el sistema de inyección, y una válvula electroneumática introduce una corredera giratoria o una chapaleta en el conducto de escape. Ésta dificulta al aire puro aspirado su flujo a través del conducto de escape. El cojín de aire resultante en el cilindro frena el pistón durante los tiempos de compresión y de escape. El freno motor no es dosificable.

45.2.2 Freno adicional por motor

Si el motor debe ser frenado, la válvula de escape se abre al final del tiempo de compresión mediante un dispositivo elevaválvulas accionado electrohidráulicamente. La presión de compresión se escapa y al sistema se le sustrae energía. El fluido actuador es aceite lubricante.

45.2.3. Decelerador

El decelerador es un sistema adicional de frenado, independiente del motor. Está intercalado detrás del cambio en la cadena cinemática por lo que surte efecto también en las pausas de cambio. Hay dos sistemas:

Decelerador hidrodinámico

Está compuesto por una rueda de álabes móvil (rotor de freno) y una rueda de álabos fija (estator de freno) dispuesta enfrente. El rotor de freno está unido mecánicamente con el accionamiento del vehículo. Al frenar se llenan de aceite los espacios de los álabes del rotor y del estator. El aceite es acelerado por el rotor de freno, y retardado por el estator de

freno. La energía cinética es convertida en calor y cedida al agua refrigerante del motor. El efecto de frenado se puede gobernar sin escalonamientos a través de la cantidad de aceite.

Decelerador electrodinámico

Este está compuesto por un disco de hierro dulce refrigerado por aire que gira en un campo electromagnético regulable, generado por la bateria. Debido a las corrientes de Foucault producidas, se frenan el disco y, a su vez, las ruedas del vebiculo. El efecto de frenado se puede gobernar sin escalonamientos.

45.2.4. Activación de ventilador

El rodete del ventilador del motor es conectado, en función de la temperatura del apua refrigerante, por la unidad de control si hay necesidad. Esto se efectúa mediante un acoplamiento electromagnético.

45.2.5. Sistemas de ayuda de arranque

En comparación con la gasolina, el combustible Diesel tiene una elevada tendencia a la inflamación. Es por ello que los motores Diesel y motores de inyección directa arrancan espontáneamente en caso de arranque en frio hasta aprox. 0 °C. La temperatura de autoencendido de 250 °C es alcanzada durante el arranque con el régimen de revoluciones del motor. Los motores de inyección directa necesitan, a temperaturas inferiores a O °C, un sistema de ayuda de arrarque y del mismo modo los motores de inyección indirecta (IDI) a cualquier temperatura de "arranque en frio". Los motores de antecámara y de cámara auxiliar de turbulencias tienen en la cámara de combustión secundaria una bujia de espiga incandescente (GSK) como "punto caliente". En motores pequeños de inyección directa (hasta 1 cilindro), este punto caliente se encuentra en la periferia de la cámara de combustión. Los motores grandes de inyección directa para vehículos industriales trabajan alternativamente con precalentamiento del aire de admisión o con combustible especial con alta tendencia de encendido, que se inyecta en el aire de admisión. Actualmente se emplean casi exclusivamente sistemas con bujías de espiga incandescente.

45.2.6. Precalentamiento del aire de admisión

45.2.6.1. Bujía de precalentamiento

La bujía de precalentamiento calienta el aire de admisión quemando combustible en el canal de admisión. Normalmente, la bomba de alimentación del sistema de inyección conduce el combustible a través de una electroválvula a la bujía de precalentamiento. En la boquilla de conexión de la bujía se encuentran un filtro y un dispositivo dosificador que deja pasar un caudal de combustible adaptado correspondientemente al motor. El combustible se evapora en un tubo vaporizador dispuesto alrededor de la espiga incandescente y se mezcla entonces con el aire de admisión. La mezcla se inflama en la parte delantera de la bujía al entrar en contacto con la espiga incandescente caliente a más de 1000 °C. La capacidad de calentamiento es limitada por el hecho de que la llama de calentamiento puede quemar solo una parte del oxígeno necesario para la combustión motórica.

45.2.6.2. Calefacción eléctrica

Una disposición de elementos calefactores en el sistema de admisión es cormutada por un relé.

Bujía de espiga incandescente GSK2

1 Enchufe de conexión 2 arandela aislante 3 cuerpo 4 tubo incandescente 5 filamento regulador 6 polvo de relleno 7 filamento calefactor 8 junta del cuerpo calefactor 9 junta dob e 10 tuerca redonda

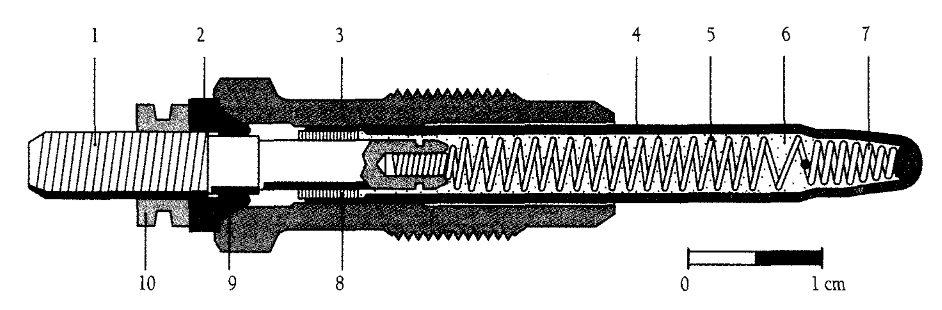


Figura 8.192.

45.2.7. Bujía de espiga incandescente

La espiga incandescente de una bujía incandescente (figura 8.192) está montada a presión de forma fija y estanca a los gases en un cuerpo (3). Consta de un tubo incandescente (4) resistente a los gases calientes y a la corrosión, que lleva en su interior un filamento incandescente rodeado de polvo compactado de óxido de magnesio (6). Este filamento incandescente consta de dos resistencias conectadas en serie: el filamento calefactor (5) dispuesto en la punta del tubo incandescente, y el filamento regulador (7). Mientras que el filamento calefactor presenta una resistencia casi independiente de la temperatura, el filamento regulador tiene un coeficiente de temperatura positivo (PTC). Su resistencia aumenta en las bujías de nueva generación (GSK2), al aumentar la temperatura, con mayor intensidad todavía que en las bujías convencionales (tipo S-RSK). Estas nuevas bujías GSK2 se caracterizan por alcanzar con más rapidez la temperatura necesaria para el encendido (850 °C en 4 s) y por una temperatura de inercia más baja. La temperatura se limita así a valores no cítricos para la bujía. En consecuencia puede continuar funcionando hasta tres minutos después del arranque. Esta incandescencia ulterior da lugar a una fase mejorada de aceleración y calentamiento con emisiones de ruidos y de gases de escape destacadamente reducidos.

Desarrollo tipico del tiempo de incandescencia

1 Interruptor de ncandescencia y arrarque 2 starter 3 lámpara de control 4 interruptor de carga 5 bujias incandescentes 6 funcionamiento autónomo del motor tv tiempo de pre ncandescencia tS dispos ción de arranque tN tiempo de incandescencia ulterior

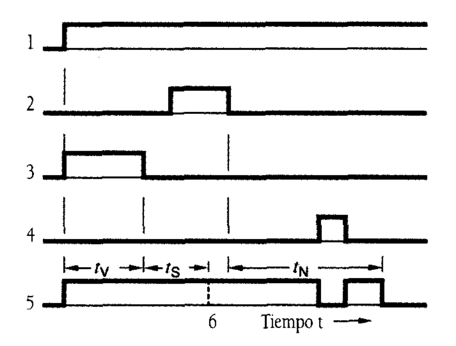


Figura 8.193.

45.2.8. Unidad de control del tiempo de incandescencia

La unidad (GZS) activa las bujías de espiga incandescente a través de un relé de potencia. El impulso de arranque lo recibe de la unidad de control de motor o a través de un sensor de temperatura.

Esta unidad controla los tiempos de incandescencia de las bujías de espiga incandescente, o bien realiza funciones de seguridad y de supervisión. Con la ayuda de las funciones de diagnóstico, las unidades de control del tiempo de incandescencia más perfeccionadas reconocen también el fallo de bujías aisladas, que es comunicado al conductor. Las entradas de control están ejecutadas como conector múltiple.

Sistema de incandescencia con control EDC en el motor Diesel con inyección directa

1 Bujía de espiga incandescente 2 unidad de control del tiempo de incandescencia 3 interruptor de incandescencia y arranque 4 hacia la batería 5 lámpara de control 6 conducto de mando hacia la unidad de control del motor 7 conductor de diagnóstico

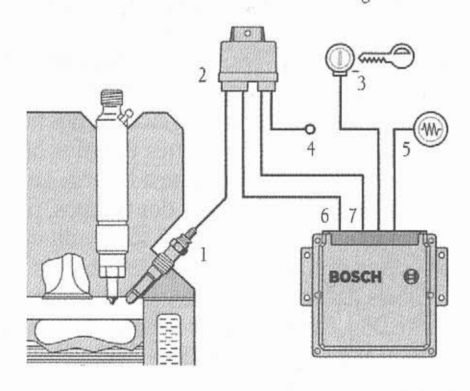


Figura 8.194.

45.2.9. Funcionamiento

El proceso de preincandescencia y de arranque se realiza con el interruptor de incandescencia y arranque, igual que en el motor de gasolina. Con la posición de la llave "Encendido conectado" comienza el proceso de preincandescencia (figura 8.185). Al apagarse la lámpara de control de incandescencia en el panel de instrumentos, las bujías están suficientemente calientes para poder iniciar el proceso de arranque. En la fase de arranque sucesiva, las gotitas de combustible inyectadas se evaporan y se inflaman en el aire caliente comprimido. El calor producido origina el inicio del proceso de combustión.

La incandescencia ulterior, después de producido el arranque, contribuye a un funcionamiento de aceleración y de ralentí sin fallos y con poca formación de humo en la fase de calentamiento y reduce los ruidos de combustión con el motor frío. Si no se arranca, a pesar de estar conectado el interruptor de incandescencia y arranque, una desconexión de seguridad de la bujía de espiga incandescente impide que se descargue la batería.

En caso de acoplamiento de la unidad de control del tiempo de incandescencia a la unidad de control del sistema EDC (Electronic Diesel Gontrol), pueden aprovocharse las informaciones existentes allí para optimizar la activación de la bujía en los diversos estados de

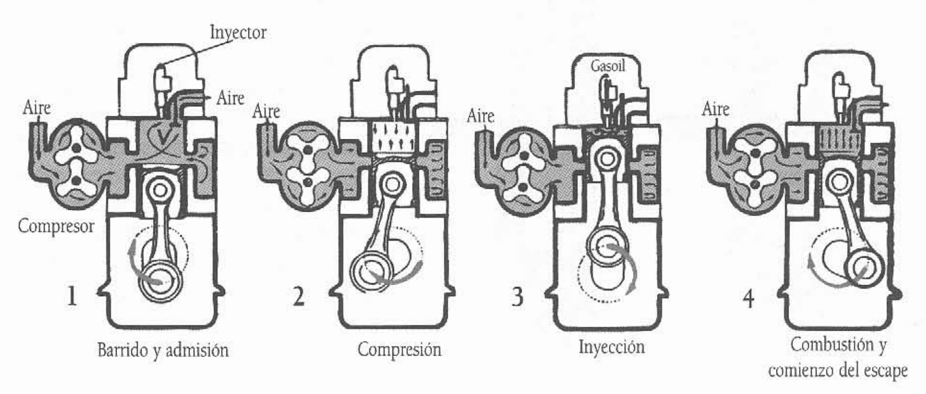


Figura 8.195.

servicio. Resulta así una posibilidad adicional para reducir la emisión de humo azulado y de ruidos.

46. EL MOTOR DIESEL DE DOS TIEMPOS

46.1. Motores "MG" General Motors

Los motores aplicados a camiones, autobuses y tractores, tanto en su propia marca como en otros, trabajan en el ciclo de dos tiempos y se producen en modelos de tres a doce cilindros, partiendo de los tres tamaños básicos de cilindro, con 53, 71 y 110 pulgadas cúbicas, cuya cifra da nombre a la serie. La disposición es en línea o en V a 63,5°.

Funcionan en el ciclo de dos tiempos, pero tienen válvulas de escape (dos en cada cilindro, aunque en la figura 8.195 sólo se dibuje una por razones de sencillez). Cuando el pistón está en el p.m.i. (detalle 1) descubre las lumbreras de admisión, por las que entra el aire a 5 libras de presión soplado por el compresor, del tipo Roots, explicado en la figura 6.54. El aire (Fig. 8.895) adquiere un movimiento de torbellino a causa de la forma de las lumbreras y empuja los restos de los gases quemados que salen por la válvula de escape, abierta.

Al subir el pistón cierra las lumbreras y comprime el aire (detalle 2) hasta 38 atmósferas, en cuyo momento sale un chorrito de gasoil por el inyector (detalle 3) a la presión de 1.000 a 1.400 Kg/cm²; esta enorme presión pulveriza en forma de niebla finísima y difusa al combustible que penetra a más velocidad que el sonido, y que se inflama íntegro en el cilindro (inyección directa) y produce el tiempo de trabajo. Cuando el pistón desciende, poco antes de descubrir las lumbreras de admisión, se abre la válvula de escape (detalle 4) y los gases quemados salen por ella, siendo en seguida empujados y barridos por el aire de la admisión forzada (detalle 1), repitiéndose el ciclo.

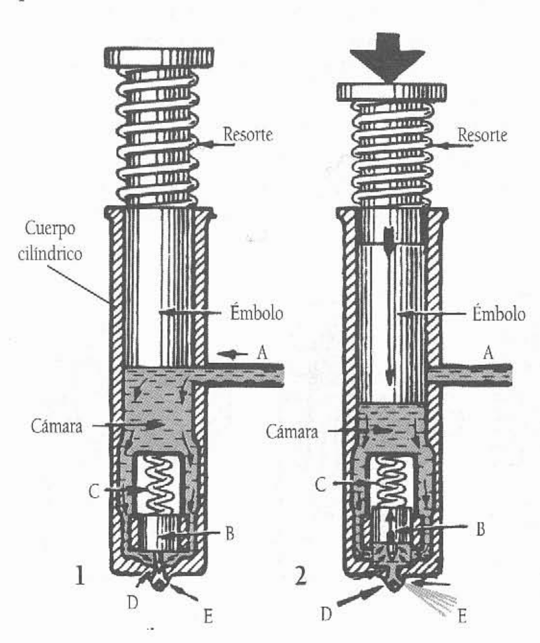


Figura 8.196.

Cada cilindro lleva su inyector, que a la vez es bomba de inyección, mandado como las dos válvulas de escape, por medio de unos balancines accionados por empujadores desde un único árbol de levas. El inyector-bomba (Fig. 8.196-1) es un cuerpo cilíndrico en cuyo interior se desliza el émbolo, ajustado con tal precisión que la holgura admitida es de poco más de 6 diezmilésimas de milímetro (aproximadamente la centésima parte del grueso de una hoja de papel). Un fuerte resorte mantiene al émbolo o pistón en lo alto de su carrera.

El gasoil es enviado desde el depósito por una bomba de paletas, del

tipo explicado en la figura 3.12, a 1,5 kilogramos de presión por el conducto A (Fig. 8.196). Cuando llega el momento de la inyección (detalle 2), el balancín empuja al pistón hacia abajo, éste tapa la entrada A y comprime el gasoil de la cámara, y cuando se alcanzan los 1.000 a 1.400 kilogramos de presión, actúa por la cara inferior del émbolo B, y lo levanta, venciendo al fuerte muelle C; como B es el cuerpo de la aguja D, ésta se levanta con aquél y descubre los orificios E, por los que sale gasoil pulverizado en forma de niebla.

La figura 8.196 representa el esquema de la bomba; pero ésta lleva en el émbolo principal dispositivos análogos al canal y rampa sesgada de la Bosch, para que, al girarlo desde el acelerador, por la cremallera, varíe la cantidad de combustible inyectado.

Muy parecido al modelo descrito es el motor inglés Foden, pero la inyección del combustible lo hace una bomba C.A.V.-Bosch, con regulador hidráulico.

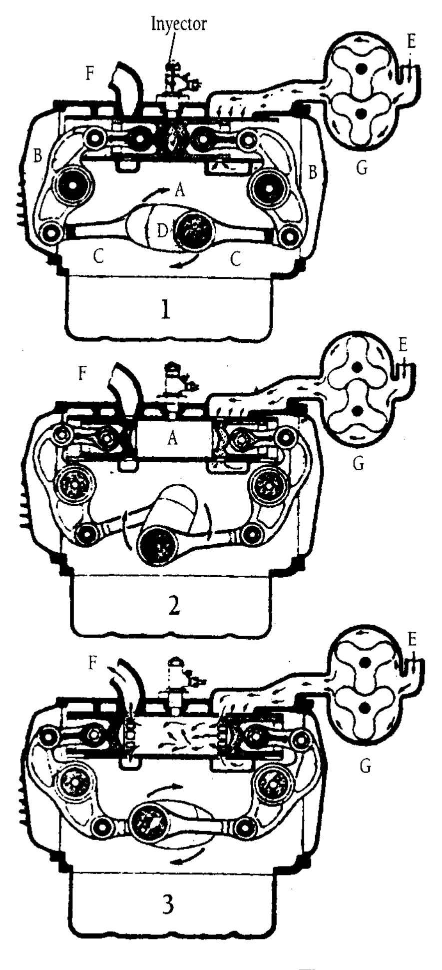


Figura 8.197.

46.2. Motor Rootes

Algunos camiones ingleses Commer usan el motor Tilling-Stevens (Fig. 8.50) del grupo Rootes. Trabaja en el ciclo de dos tiempos, tiene tres cilindros cada uno de ellos A con dos pistones, realizando carreras opuestas. Los émbolos se articulan a sus balancines B-B y estos a las bielas C-C que atacan los codos del cigüeñal D. El aire entra por E y es soplado a las lumbreras de admisión por un compresor Rootes (como el de los motores G.M., explicado en la figura 6.54).

En 1 entra el combustible por el inyector; la combustión produce la carrera motriz separando ambos pistones, que transmiten el esfuerzo por los sólidos balancines y bielas a los codos del cigüeñal. Cuando se han separado bastante (detalle 2), el émbolo de la izquierda descubre las lumbreras de escape F; poco después el de la derecha destapa la admisión (detalle 3), de modo que el aire soplado por G barre y expulsa los gases de la combustión. Al regresar ambos pistones comprimen aire puro para repetir el ciclo a partir del detalle 1.

Este tipo de motor fue producido primeramente por Junkers en Alemania, y a él pertenecen los franceses M.A.P. y C.L.M.

46.3. Motor Hesselmann

Este motor sueco, construido por varias fábricas de Suecia y hace años por Allis-Chalmers y Waukesha en América, trabaja en el ciclo de cuatro tiempos con una relación

de compresión de 9, mucho más baja que en los otros Diesel. Por tanto, el calentamiento de la compresión no inflamará el gasoil, y se recurre a la chispa de una bujía corriente alimentada por magneto.

Resulta un motor mixto entre el Diesel y el de explosión, trabaja con gasoil que suministra una bomba e inyector, y las presiones resultantes son menores, por lo que las piezas no son tan fuertes y voluminosas como en el Diesel corriente. El aire puro de la admisión es comprimido en una cavidad del pistón, donde adquiere la turbulencia necesaria para una buena pulverización e inflamación del combustible.

47. AVERÍAS DEL MOTOR DIESEL

47.1. Síntomas y remedios

a). El motor no arranca o se "cala".

1. *La bomba no envía gasoil a todos o a uno de los inyectores.*

a) Falta de gasoil. Llave del combustible cerrada: abrirla.
b) Poco gasoil en el depósito: llenarlo.
c) Tuberías o filtros obstruidos o con aire: limpiarlos o purgarlos.
d) Aire en la bomba: purgarla.
e) Válvula 7 de salida de la bomba (Fig. 8.16) pegada o acuñada: girarla para que quede libre. No forzarla, pues necesitaría reparación en el taller, como si la avería fuese en un pistón inyector 3.

2. *El suministro de la bomba es irregular.*

a) Aire en la bomba: purgarla.
b) Muelle de la válvula de salida 7, roto o acuñado: soltarlo y sustituirlo.
c) Válvula 7 de salida de la bomba medio agarrotada: intentar girarla para que quede libre. No forzarla, pues es reparación de taller. Si está rota, sustituirla.
d) Resorte 9 roto: reponerlo (taller).
e) Pistón 3 roto o rayado: reponerlo con su cilindro 4.
f) Tuberías obstruidas o con aire: limpiarlas o purgarlas.

3. La inyección se hace a destiempo.

a) Puesta en fase alterada, por corrimiento en el apriete de J (Fig. 8.35) o de los tornillos H: rehacer la puesta a punto.
b) Si aparece poco a poco puede ser debido a desgaste de las levas. Reponer el eje de éstas, y cuidar del engrase de la bomba.

b). El motor no "tira".

4. *Poco suministro de gasoil por cada embolada de los pistones 3 (Fig. 8.16).*

a) La válvula 7 hace mal asiento o está agarrotada: liberarla o reponerla a la vez que su asiento.
b) Las juntas o racores pierden combustible: revisión en el taller.
c) La posición de la cremallera 10 se ha alterado: revisión en el taller.

5. *Mala puesta a punto.*

a) Revisar el arrastre de la bomba y rehacer la puesta en fase (ver 3-a).

c). El motor echa humo por el escape y "cría" carbonilla.
6. El suministro de gasoil es excesivo.
a) Examinar las causas expuestas en "Humos en el escape".
b) Avería en la cremallera o piñones que con ella engranan: taller.

d). Excesiva velocidad máxima de giro.
7. La barra corredera 10 se ha agarrotado.
a) Suciedad entre la corredera y los piñones A (Fig. 8.19): limpiar.
b) Un pistón 3 se ha agarrotado en su cilindro; probablemente mal filtrado del gasoil: reparación de taller.

e). Fallos.
8. Con regularidad.
a) El inyector de un cilindro obstruido: limpiarlo o poner el de repuesto.
b) Pistón 3 o sus enganches inferiores se han roto: taller.
c) Una válvula 7 o su resorte están averiados: si está agarrotada, liberarla; si se encuentran rotos, reponerlos.
9. Sin regularidad.
a) Agua en el gasoil: limpieza o reposición de filtros, y cuidar el repostaje.
b) Inyector sucio: limpiarlo.
c) Aire en el sistema: purgarlo.
d) Falta de compresión por no cerrar bien alguna de las válvulas de admisión o escape del motor.
e) Pérdida de combustible por juntas o racores: apretarlos.
f) Mala puesta en fase (ver 3-a).

f). Consumo excesivo.
a) Pérdida en juntas, racores o tubos: revisión y apriete.
b) Mala compresión por desgaste de los cilindros o mal asiento de las válvulas.
c) Mala puesta en fase (ver 3-a).
d) Mal reglaje de taqués: revisarlo.
e) Regulador alterado, barra cremallera desplazada, etc. (ver "Humos en el escape")

g). Excesivo golpeo (Detonación).
a) Aire en el combustible: purgar la bomba, filtro, canalizaciones e inyectores.
b) Algún inyector está obstruido o agarrotado: comprobar su funcionamiento (varilla F en la figura 8.21) y limpiarlo.
c) Poca agua en el radiador; motor muy caliente: ver la causa del calentón y reponer agua poco a poco, con el motor en marcha.
d) Poco aceite en el cárter del motor, o avería en el sistema de lubricación: examinarlo. (Ver "Averías en el engrase").
e) Demasiado avance a la inyección: corregirlo retrasándolo y examinar 3-a.
f) Excesiva carbonilla en la culata: limpiarla.
g) Alguna de las "Averías de la compresión".
h) Holgura en la cabeza de biela o en el bulón o en los apoyos del cigüeñal; excesiva holgura de taqués; demasiado desgaste en el cilindro o en el pistón (el ruido es más pronunciado en frío; si desaparece en caliente, no tiene importancia).

h). El motor tiene dificultad al arrancar en frío.
a) Batería descargada: cargarla o sustituirla por una nueva.
b) Bujías de precalentamiento defectuosas: sustituirlas.
c) Resistencia de control cortada: repararla.

i). El motor está bloqueado después de una parada prolongada.
a) Presencia de agua en los cilindros: controlar antes de imputárselo al sistema de inyección.

47.2. DIAGNOSIS DE VEHÍCULOS

La firma Bosch ha sacado al mercado, para los talleres de reparación, el analizador FSA 560 que comprueba y analiza los diferentes sistemas que se equipan en los automóviles.

De estructura modular, el FSA 560 posee capacidad para analizar la diagnosis de todas las funciones del motor, tanto de gasolina como diesel de hasta 12 cilindros, así como para los sistemas eléctricos y electrónicos de los diferentes vehículos.

El manejo se realiza, según las necesidades, a través de un teclado de PC o con un mando a distancia por infrarrojos.

Notas

1. **El nombre Diesel** para el motor de aceite pesado se debe a su inventor, el parisino de padres alemanes Rodolfo Diesel. Éste pasa su infancia en Francia y cursa sus estudios en Alemania, dedicando gran parte de su tiempo y actividades al estudio del motor de combustión interna.

En el año 1892 realiza su primer motor, que funcionaba a base de carbón pulverizado inyectado por una corriente de aire; posteriormente, en 1897, construye un motor con una cilindrada de 20 litros, monocilíndrico que desarrolla 20 caballos a 172 rpm y que funcionaba con petróleo pesado, el cual ofrece un mejor rendimiento que los motores de gasolina y las máquinas de vapor de entonces. A partir de entonces firmas comerciales como Peugeot (que fue quien primero se interesó) y Mercedes con su modelo 260 D posteriormente, son los primeros que se interesaron en incorporar a sus automóviles esta tecnología, para consagrarse de forma definitiva a principios de los años 70, como consecuencia de la crisis del petróleo.

2. **También se emplea el "fueloil"**, fuel ligero o fuel doméstico, pero para los grandes motores Diesel o en los Diesel lentos.

3. **En un motor tipo** se compara el gasoil a considerar con una mezcla de *cetano* (índice de inflamabilidad igual a 100) y de metilnaftaleno, índice 0). También se emplea el número de *ceteno*, que guarda con el de cetano la relación 9 a 7. Por ejemplo, el número de cetano (NC) 45 equivale al de ceteno (Nce) 51. En otros casos se usa el "índice diesel", donde al NC 45 le corresponde el índice (ID) 50, aproximadamente. El índice 45 es el mínimo que debe tener un gasoil para los motores diesel de los actuales automóviles.

4. **El sistema es usado** por las marcas A.E.C., Albión, Bernard, B.M.C (Austín, Morris), Cummis, Daimler, David Brown, Dennis, Ebro y Ford (GB), Gardner, Latil, Leyland, M.A.N, Meadows, Pegaso, algunos Perkins, Renault, Rools-Royce, Saurer, Thornycroft Volvo y los de "dos tiempos" G.M., Krupp y Foden.

5. **Aunque se llaman bujías**, por la forma en como se parecen a éstas, no tienen la función de encendido, sino que entre sus electrodos se le conecta un filamento, que al ponerse al rojo actúan como pequeñas estufas eléctricas, en vez de saltar una chispa como en aquéllas.

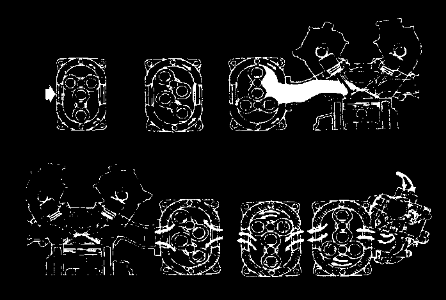
6. **Este sistema es empleado** por Mercedes-Benz, Büssing, Ford (D), Hanomag, International (I.H.C.), Kaelble, Scania-Vabis, Willeme, Caterpillar. Esta última lo usa incorporando la antecámara al cuerpo del inyector.

7. **Este sistema** de combustión separada ha aumentado su empleo y ha sido usado por Barreiros, Berliet, Citroën, Fiat, Waukesha, Perkins, Deutz-Magirus, Borgward, Hércules, International (I.H.C.), Vomag, Standard y Rover.

8. **Esta disposición fue seguida** por Saurer, Berliet, M.A.N., M.W.M y otros.

9. **A este sistema pertenecen** las marcas Henschel, Dodge, Buda, Somua, Panhard, Mack y Continental.

Capítulo 9



La Sobrealimentación

1. GENERALIDADES

Aunque parece una técnica muy reciente[1], no lo es, ya que desde hace algunas décadas se empezaron a "soplar" los diesel a base de *compresores* accionados por medio de correas, cadenas, etc., utilizando para ello el giro de la polea del cigüeñal. Posteriormente, aparecieron los *turbocompresores* que se utilizaban para máquinas de régimen constante y grandes potencias (barcos, locomotoras, compresores, motores para la industria, etc.). Estos turbocompresores eran de enormes dimensiones y muy elevado peso, giraban a un régimen muy lento y tenían una altísima inercia, obteniéndose su rendimiento en el régimen máximo del motor.

En la era de los años 60 comienzan a emplearse de forma generalizada en los grandes motores de automoción dedicados al transporte; es el comienzo de la reducción de tamaño, pero aún son pesados y de alta inercia con regímenes de giro entre las 40.000 y 60.000 rpm. A partir de entonces comienza la "era de la sobrealimentación", en la que todos los fabricantes de motores se interesan por la aplicación de esta tecnología con el fin de obtener mejores rendimientos de los actuales motores. En la actualidad se obtienen velocidades de giro de los turbocompresores entre 100.000 a 120.000 rpm.

La crisis energética y la necesidad imperiosa de evitar la contaminación en las ciudades, no hacen sino imponer como solución, la implantación del turbocompresor de forma generalizada y casi imprescindible en los motores diesel.

2. EL COMPRESOR

El compresor es una bomba movida por el motor que toma aire de la atmósfera y lo comprime, con objeto de "cebar" el motor con aire para obligarle a quemar una mayor cantidad de combustible por ciclo.

Un compresor se define por las siguientes características:

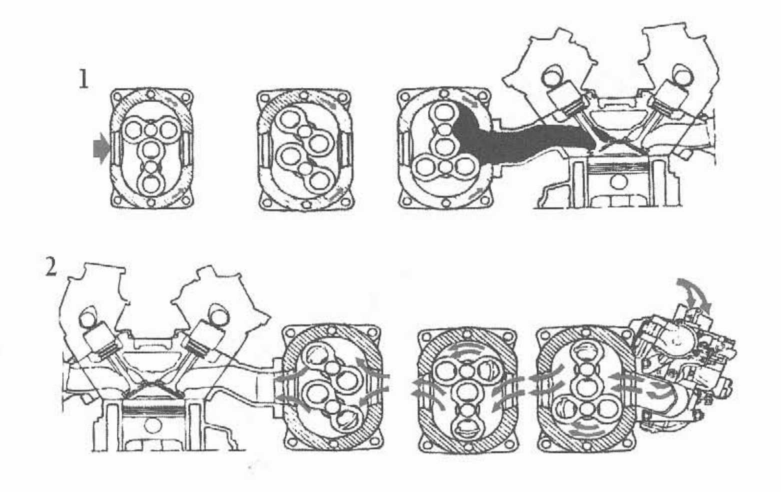
- *La relación de la presión del aire* a la salida del compresor P_2, con respecto a la presión del aire a la entrada del compresor P_1.
- *El rendimiento*, que es mejor cuanto más cercana sea la temperatura del aire comprimido a su salida con respecto a la temperatura teórica procedente de las leyes de termodiná-

mica; pues cuanto mayor sea la temperatura real del aire a la salida del compresor con referencia a la temperatura teórica, menor será el rendimiento del compresor.
- *El flujo*, que es la cantidad de aire comprimido (expresada en Kg/seg.) que suministra el compresor.
- *El régimen del compresor*, pues a un débil régimen habrá una débil sobrealimentación y un menor rendimiento.

Como en el caso de las bombas existen *dos tipos de compresores*, los volumétricos y los centrífugos.

2.1. Compresores volumétricos

Los compresores que se usaron en un principio eran del tipo volumétrico, cuya energía de bombeo la obtenían del cigüeñal del propio motor a través de una transmisión mecánica adecuada, o bien centrífugos o dinámicos (empleados sólo en aviación, pues actuaban en un margen de regímenes del motor muy estrecho).



1. Secuencia de compresión del sistema volumétrico. Destaca la importancia de la estanqueidad.
2. Diagrama de funcionamiento de un compresor volumétrico en un motor.

Figura 9.1.

Este último inconveniente se solucionó empleando compresores volumétricos (tipo Rootes), capaces de dar una presión de admisión casi constante en cualquier régimen; caso de los motores tipo Volumex de Lancia, así como de muchos motores preparados en USA. (Fig.9.1).

Su principio de funcionamiento es comparable al de las bombas volumétricas, en las que el elemento giratorio crea un aumento de volumen a la entrada del compresor, lo cual origina una depresión que aspira el aire exterior. Hacia la salida del compresor el volumen disminuye expulsando el aire a presión.

El compresor Rootes, comparable a una bomba de engranajes, dispone de dos elementos giratorios con dos o tres resaltes. Estos lóbulos accionados mediante engranajes, no entran en contacto unos con otros y la holgura debe ser lo más reducida posible.

El compresor Cozette o Zoller, comparable a una bomba de paletas, consta de un elemento giratorio, excéntrico, que dispone de paletas. Para evitar el desgaste y la absorción de potencia, entre éstas y el carter, se encuentra intercalada una camisa móvil con aberturas. Esta camisa gira a la misma velocidad que el rotor.

En estos dos modelos de compresor volumétrico, el flujo de aire es proporcional al régimen de rotación, y la presión de salida depende únicamente de las características del circuito posterior y del flujo de aire.

Su accionamiento mecánico es sencillo en la medida en que estos compresores pueden suministrar una presión de sobrealimentación de 0,6 a 0,8 bares para regímenes similares al del motor, es decir, de 5.000 a 6.000 rpm pero, si se trata de que el motor realice prestaciones superiores, se plantean problemas de temperatura y de resistencia mecánica del compresor.

La utilización de compresores de varias fases es complicada y aumenta las dimensiones exteriores.

A plena potencia del motor, estos compresores absorben bastantes caballos del cigüeñal.

2.2. Compresores centrífugos

Estos compresores funcionan como una bomba centrífuga, pues bajo el efecto de esta fuerza, originada por la velocidad de rotación, el aire es expulsado hacia la periferia de la rueda, lo cual crea una depresión en su centro y provoca una aspiración de aire.

Precisan unas velocidades de rotación muy importantes para suministrar los flujos requeridos (del orden de 100.000 rpm); a régimen reducido se produciría un flujo reducido y a régimen elevado el flujo sería muy alto.

3. FUNDAMENTOS DE LA SOBREALIMENTACIÓN

Para aumentar la cantidad de aire aspirado por un motor, se pueden considerar tres soluciones:

- Aumentar la cilindrada o lo que es lo mismo la capacidad de absorción del motor. Esta solución tiene como consecuencia un incremento del peso, de las dimensiones exteriores, de los rozamientos del motor y el consumo es más elevado.
- Aumentar el régimen, incrementando el número de operaciones de bombeo en un tiempo determinado. Esta solución requiere un refuerzo del motor y aumentan los rozamientos.
- Aumentar el llenado, favoreciendo el efecto de aspiración del pistón durante su descenso. Esta solución implica que sobre un motor de aspiración atmosférica se tenga que actuar sobre los siguientes elementos:

• El diámetro, la forma y la longitud de los conductos de admisión, así como su pulido, pues deberán presentar cierta rugosidad para favorecer la agitación de la mezcla.
• El diámetro y el recorrido de las válvulas de admisión.
• El ángulo de los asientos de válvula y su forma (venturi).
• La presencia de una toma de aire dinámica.
• Disponer de dos válvulas de admisión, etc.

La utilización de la sobrealimentación se fundamenta en la mejora de la combustión del motor, debido a un mayor llenado de aire en los cilindros, lo que provoca un aumento de potencia, un menor consumo específico y una menor contaminación. Por lo tanto, la sobrealimentación del motor con la ayuda de un compresor, es la solución ideal. Mejor

solución es utilizar un turbocompresor que aproveche la energía que llevan los gases de escape al ser expulsados. El compresor tiene el inconveniente de que al ser movido por el motor "gasta" energía del mismo.

La sobrealimentación puede desempeñar dos funciones diferentes:
- En altitud, compensar la disminución de la densidad del aire, con objeto de que el motor conserve sus prestaciones; es el caso de la aviación.
- Incrementar la cantidad de aire suministrada al motor para aumentar su prestaciones; es el caso de su empleo en el campo de la automoción.

Los actuales motores térmicos, al trabajar a plena potencia, no pueden ser alimentados con una mezcla estequiométrica(2) de aire-combustible, pues las temperaturas serían excesivas para los materiales empleados.

Así como los motores Otto (gasolina) bajan sus temperaturas internas mediante un exceso de gasolina, los Diesel lo hacen mediante un exceso de aire.

Por esta razón, los motores Diesel tienen consumos específicos inferiores a los Otto; pero el exceso de aire les obliga a tener un tamaño bastante mayor para una potencia determinada.

Otra diferencia notable entre los motores Otto y Diesel es que los primeros comprimen una mezcla de aire-combustible, que al quemarla es ya bastante homogénea. En cambio, los diesel comprimen sólo aire, que se quema con el combustible a medida que éste se va inyectando, no en forma homogénea, sino "estratificada". Aunque en todo el cilindro, la proporción aire-combustible es pobre, por el contrario, en la zona de combustión es muy rica, lo cual provoca la tendencia a humear.

La forma de eliminar humos, quemando la mayor parte de combustible, es alimentar con un gran exceso de aire, y con la mayor turbulencia posible. Esto es precisamente lo que permite el turbocompresor, aún con un mayor caudal de inyección, obteniendo un incremento notable de potencia.

El turbocompresor, además, reduce el consumo específico de combustible sin gran dificultad en los motores diesel.

Las razones de esta reducción del consumo están en el mejor rendimiento de combustión por mezcla más pobre y mayor turbulencia, y en el mejor rendimiento del ciclo, dando lugar a un escape, pasada la turbina, con bajo gradiente de presión y baja temperatura.

4. EL TURBOCOMPRESOR

Ya se dijo que la distribución de la energía absorbida por un motor térmico es de un tercio en calor no aprovechable, otro tercio es utilizable como energía mecánica, y otro en rozamientos. Por tanto, los gases de escape se descargan muy parcialmente, expansionados, y con una temperatura muy alta y gran gradiente de presión, lo cual supone:

- Que el sistema de escape trabaje muy caliente y con necesidad de amortiguar mucho ruido; por ello resultan costosos, pesados y de corta duración.
- Se pierde gran cantidad de energía por el escape y, por consiguiente, los consumos aumentan.
- La sobrepresión en la admisión es muy limitada en la práctica. La energía necesaria para mover el compresor absorbe una parte del incremento de la potencia obtenida.
- El sistema de transmisión mecánica para mover el compresor resulta costoso de diseño y fabricación, así como poco fiable.

Por estas razones se buscó aprovechar la energía desperdiciada por los gases de escape, adoptando como solución la instalación de una turbina en el escape

Se ha llegado incluso más lejos, estableciendo una transmisión mecánica entre el turbocompresor y el cigüeñal, originándose los *motores Turbocompound*. Debido a lo complicado de la transmisión, con reducciones de más de 20:1, y a la falta de elasticidad de funcionamiento, este sistema sólo se utilizó en aviación, antes de la aplicación generalizada de los turbocompresores y turbofanes, y en grupos electrógenos.

Aunque sólo se han generalizado los turbocompresores dinámicos por la dificultad de fabricar una turbina volumétrica económica y de alta fiabilidad a las elevadas temperaturas de trabajo, el sistema tiene una elasticidad aceptable, pues el régimen de giro del turbocompresor, con acelerador a fondo, es proporcionalmente más constante que el del cigüeñal.

Usando, además, un sistema *by-pass* o válvula de descarga, se puede controlar el tope máximo de la sobrepresión alcanzable en cada régimen. Para ello, antes de la turbina la canalización de escape posee un circuito de derivación controlado por esta válvula, que va enlazada a una membrana sometida a los efectos opuestos de la presión suministrada por el tubo y un resorte cuyo calibrado corresponde a la sobrealimentación máxima prevista. A partir del momento en que las condiciones de funcionamiento originan la presencia de una presión de sobrealimentación superior a la presión máxima admisible, el resorte se afloja, abriéndose la válvula y dejando una parte de los gases de escape de transitar por la turbina.

Una ventaja más del turbocompresor, que no comparte con el compresor de mando mecánico, es su poca sensibilidad a la altura. Esto ocurre incluso con el turbocompresor simple, que tiende a aumentar de régimen y de relación de compresión, cuanto más denso es el aire del ambiente, provocando un efecto "tampón". El turbocompresor con válvula de descarga, al tender a un "soplo" casi constante, es aún menos sensible.

4.1. Funcionamiento

Un motor turboalimentado presenta dos fases de funcionamiento: una atmosférica y otra sobrealimentada. Para llegar a esta última fase (presión de admisión superior a la presión atmosférica), el turbo debe haber alcanzado un régimen determinado.

La aparente sencillez de su funcionamiento tiene como base el aprovechamiento de la velocidad de los gases de escape del motor antes de salir a la atmósfera (Fig.9.2), para convertirla en movimiento, obligando a los gases a pasar por la garganta de la carcasa de la turbina y así aprovechar su energía para hacer girar a ésta y una vez que han cedido su temperatura y presión, salir expulsados al exterior a través del sistema de escape.

La turbina que es accionada por los propios gases, va unida solidariamente por un eje a la rueda del compresor, al que mueve, cuya finalidad consiste en mandar a presión al colector de admisión el aire tomado del exterior, filtrado previamente por el purificador; de esta manera nacía el turbocompresor, que consta de tres partes fundamentales: la turbina, el cojinete central y el compresor.

La presencia de la turbina en la canalización de escape crea cierta contrapresión al escape, lo cual es muy importante.

El cojinete central tiene dos misiones esenciales: 1ª, soportar el eje que gira a una alta velocidad (de 100 a 120.000 rpm) y 2ª, servir de pantalla térmica entre la turbina y el compresor; además realiza otras dos funciones como son la hermeticidad y el tope axial.

Por lo tanto, se está introduciendo en los cilindros aire comprimido, consiguiendo con ello un llenado perfecto y una mayor masa del mismo que permita una combustión más rica en aire y una mejor refrigeración del pistón, cilindro y cámara.

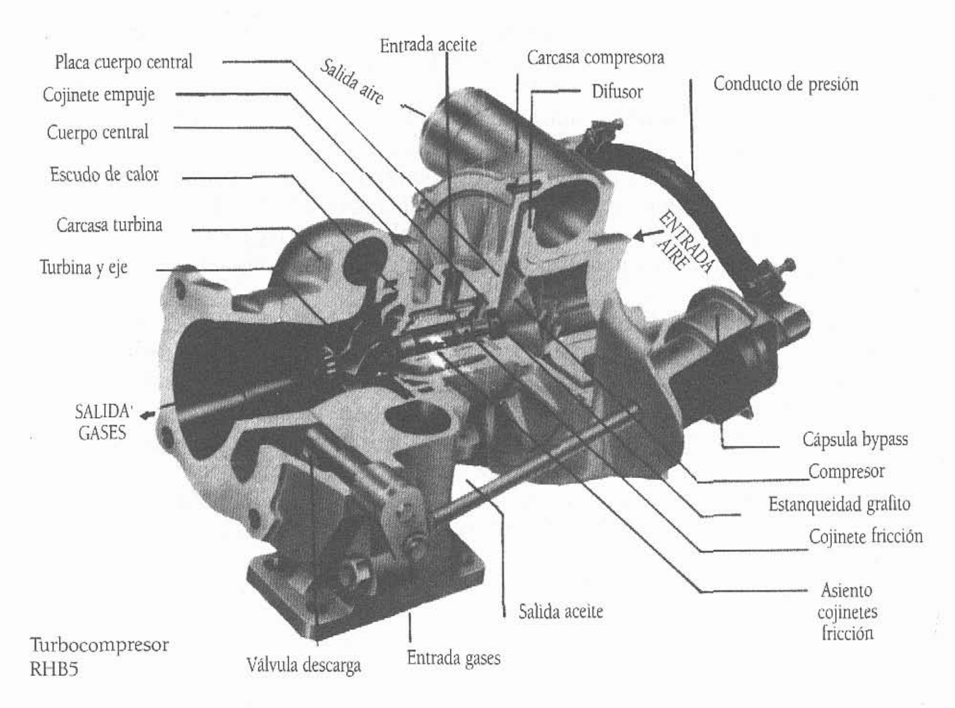


Figura 9.2.

El engrase del sistema rotativo del turbocompresor se realiza a partir del propio sistema de lubricación del motor.

Esta sencilla forma de funcionamiento se logra gracias a la elevada tecnología del propio turbocompresor.

Para dar una ligera idea, baste decir que el régimen de giro del conjunto rotativo puede alcanzar hasta las 120.000 rpm y soportar temperaturas de más de 1.000°C., como el muy reducido modelo de IHI, el RHB3, donde los niveles de precisión en el equilibrado, ajustes, tolerancias, estanquidad, etc., son de un extremado rigor.

4.2. Fiabilidad

La fiabilidad de un motor turbocompresor se puede apoyar en las siguientes razones teóricas:

- En primer lugar, en cuanto a un motor diesel se le acopla un turbocompresor, deja de actuar según el ciclo diesel práctico, para pasar a ser un ciclo híbrido Diesel-Bryton. Si a un motor se le cambia el ciclo termodinámico es como si se le hubiera cambiado todo; la energía y la potencia, se obtienen entonces en condiciones totalmente distintas.
- Si siempre fuera verdad el decir que al obtenerse más potencia el motor va más forzado, un motor mal puesto a punto, dando por tanto, menos potencia, duraría más que uno bien afinado, lo cual es inconcebible al menos como norma general. Lo que hay que hacer es comprobar los esfuerzos, los cuales pueden ser principalmente térmicos y mecánicos.

Esfuerzos térmicos.

Al sobrealimentar un motor diesel adecuadamente, se aumenta en mayor porcentaje el caudal de aire que el de combustible; es decir, se aumenta la refrigeración interna.

Para una potencia determinada, los elementos de un motor diesel sobrealimentado van más fríos que los del mismo motor en aspiración natural. O dicho de otra forma, a igualdad de cargas térmicas en los elementos más críticos, se puede obtener una potencia mayor en un motor sobrealimentado, que es precisamente lo que se pretende.

Por otra parte, como la expansión de los gases dentro de los cilindros es parcial, pues no se termina hasta que pasan la turbina de escape, su enfriamiento es menor cuando pasan por la válvula de escape de un motor sobrealimentado. Luego, a igualdad de calentamiento de los pistones, el de las válvulas y colector de escape es mayor, siendo precisamente la temperatura de estos dos últimos, lo que más se controla experimental y teóricamente.

Si se efectúan los reglajes de modo que las temperaturas del colector de escape sean iguales, significa que el motor sobrealimentado está funcionando con una temperatura máxima de combustión menor que la de un motor atmosférico aparentemente igual. Si la máxima es menor y la mínima igual, la temperatura media de combustión debe ser menor, lo cual compensa la mayor transferencia de calor a causa del aumento de presión, y por tanto, de densidad media.

En general con una presión de "soplo" de 0,6 bares, la temperatura del colector de escape del motor atmosférico correspondiente, es igualada por el sobrealimentado con un incremento de inyección del orden del 15 por 100, y un aumento de potencia de un 20 por 100. Estos datos, por supuesto, dependen de varios factores, entre los que el diagrama del árbol de levas, y diseño de colectores y pasos es muy importante, variando de unos motores a otros.

En las instalaciones con turbocompresor favorece el cruce del árbol de levas, pues se obtienen presiones de admisión superiores a las de escape, lo cual produce un barrido favorable, que ayuda a enfriar las válvulas de escape, que son los órganos más críticos.

Esta combustión con mayor cantidad de aire es también mucho más limpia, y reduce la formación de carbonilla, lo cual ayuda a prolongar la vida de asientos de válvulas, inyectores y camisas de cilindro en motores sobrealimentados, además de contaminar menos el aceite y, por tanto, mantener inalterables sus cualidades de engrase.

Los mayores daños se pueden producir cuando el incremento de inyección se realice sin presión del turbo; es decir, sin el suficiente caudal de aire, por avería de éste o fallo de conducción en el soplo. Esto se evita con una bomba bien ajustada en toda la curva de inyección y con un turbocompresor de alta fiabilidad y muy rápida reacción

Esfuerzos mecánicos.

Proceden de los esfuerzos de presión. Por supuesto, que un motor sobrealimentado da más potencia a base de aumentar la presión media efectiva, pero no las presiones máximas que son las que pueden dañar el motor.

La presión máxima de un motor diesel depende de dos factores:

- La presión final de compresión.
- El retardo de encendido.

En un motor sobrealimentado aumenta el primer factor, pero esto no es compensado por la reducción del segundo.

El retardo del encendido es lo que exige el "avance de inyección". Ello se debe a que el aire, al final de la compresión, está caliente, pero el gasoil es inyectado frío, en forma líqui-

da, que al entrar en contacto con el aire se calienta, se vaporiza y, por fin, llega a la temperatura de inflamación. Cuando esto ocurre, ha entrado una cantidad determinada de combustible, y se produce una combustión violenta, siendo al continuar la inyección cuando se produce una combustión más acorde con el ciclo Diesel teórico. La explosión inicial es más violenta cuanto más gasoil exista ya en la cámara de combustión; es decir, cuanto mayor haya sido el retardo de encendido. Por supuesto, es máximo cuanto menor sea la temperatura final de compresión.

De ahí el brutal golpeteo de los motores diesel en frío, que es cuando los esfuerzos son máximos y, por tanto, no deben ser solicitados ni en par, ni en régimen.

Cuando el turbocompresor actúa, aumenta la temperatura final de compresión y la turbulencia por lo que, al igual que los demás factores, se reduce considerablemente el retardo de encendido, y la combustión se realiza casi como en un ciclo Diesel teórico.

Al conducir vehículos con motores sobrealimentados, el motor se suaviza claramente al serle solicitada potencia.

En resumen, la presión máxima no aumenta, al menos muy sensiblemente, y menos en el interior de las precámaras cuando existen; pero se mantiene más tiempo, debido a que la expansión es menor antes de la apertura de la válvula de escape, y la inyección se prolonga sin aumentar su rapidez. Por lo tanto los esfuerzos mecánicos no son mayores, son los mismos pero durante más tiempo.

Esto hace que, si la sobrealimentación es adecuada, los casquillos de biela y bancada aumentan su duración, contra lo que se podía pensar.

5. VENTAJAS DEL MONTAJE DE UN TURBOCOMPRESOR

Las principales ventajas que se pueden citar, son:

1ª. Aumento de potencia al poder introducir en la cámara de combustión más gasoil, que con un aumento de aire entre un 30 y 40 por 100 permite obtener una perfecta combustión.

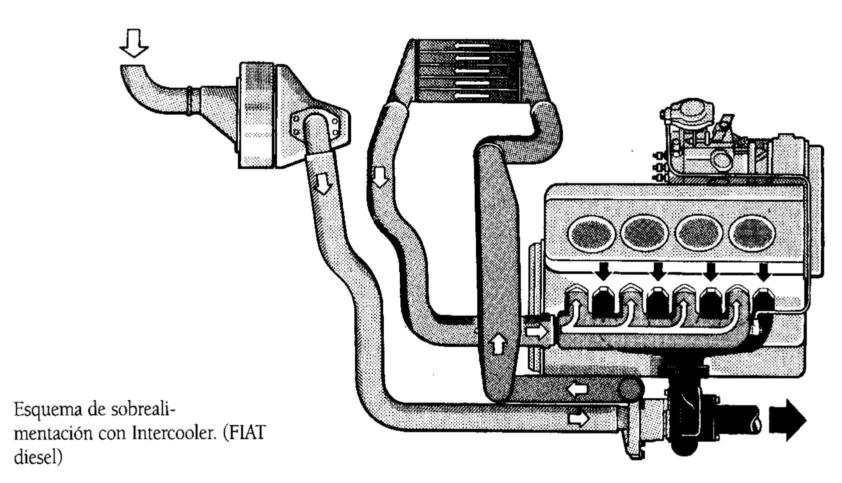
2ª. Aumento de "reprise" o respuesta más rápida del motor, ya que la curva del par motor se modifica, adelantándose éste y consiguiendo una curva más plana y de mayor valor.

3ª. Mejora el consumo específico (relación caballo/gramo/hora); o sea, que a una mayor potencia se gasta el mismo e incluso menos combustible.

4ª. Eliminación de humos y emisiones contaminantes al realizar la combustión con una mayor aportación de oxígeno. Esto, además, trae consigo una importante reducción de residuos que se alojan en la cabeza del pistón, alojamientos de segmentos, válvula y otros que, a través del cilindro llegan al cárter adulterando el aceite con los consiguientes efectos nocivos que representa para la "vida del motor".

5ª. Recuperación de potencia en altura, ya que el turbocompresor evita que el motor se "asfixie" por la disminución de la presión atmosférica, fenómeno éste que se produce en los puertos de montaña y carreteras elevadas.

6ª. La polémica acerca de una "menor duración del motor ya que se fatiga más", no es cierta; pues si se analiza el comportamiento del motor se puede observar que se consigue alcanzar la velocidad punta del vehículo en menos tiempo (mayor potencia), pero una vez alcanzada ésta se mantiene con menor consumo de combustible. Únicamente se utilizará toda la potencia en momentos pico; es decir, para realizar un adelantamiento y para salvar pendientes pronunciadas. Por tanto, las prestaciones del motor son mayores sin necesidad de fatigar al mismo. Sin embargo, no se deben sobrealimentar motores



Esquema de sobrealimentación con Intercooler. (FIAT diesel)

Figura 9.3.

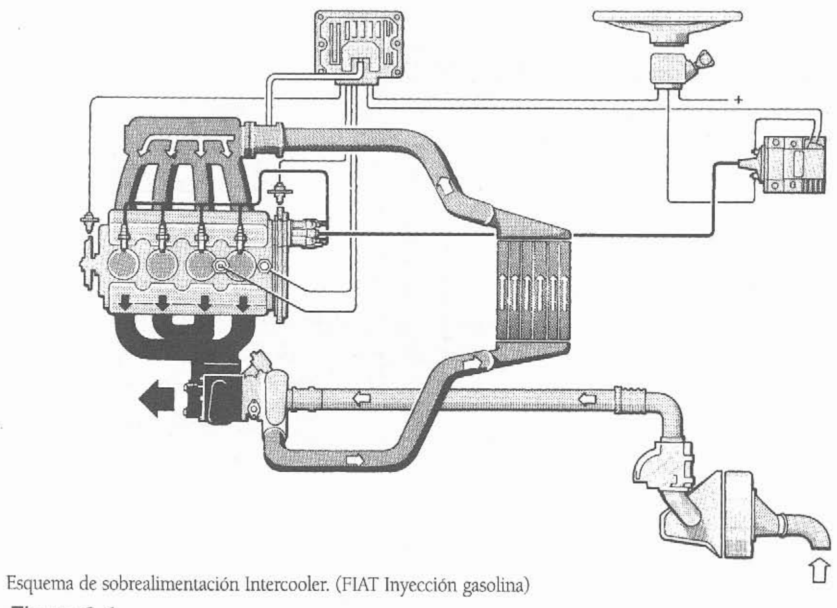
que por diseño o por desgaste, tengan una holgura excesiva entre cilindro y pistón, por las siguientes razones:

- Al aumentar la presión media (y no sólo la presión media efectiva), tienden a pasar más gases al carter.
- El hecho de que el ciclo sea más frío hace que el pistón tienda a dilatarse menos y a cerrar peor cuando el ajuste inicial no es bueno.
- En un diesel, cuando el turbo actúa, en todo el ciclo hay más presión en la cabeza del cilindro que en el carter. Entonces, los gases tienden a expulsar el aceite hacia el carter, lavando las camisas.
- El pistón sigue con su fondo relativamente frío, pero la falda por el propio efecto convectivo de los gases y la muy deficiente lubricación, podría acabar agarrotándose.
- El turbo reduce el desgaste de un motor de holguras normales, pero "apuntilla" el motor que tiene grandes holguras, pues se agarrota mucho más en este último caso.

El punto crítico de todo esto se encuentra en la determinación del turbo ideal para cada motor, ya que dentro de una misma serie o modelo existen muy diversas especificaciones (turbina, carcasa, compresor, etc.).

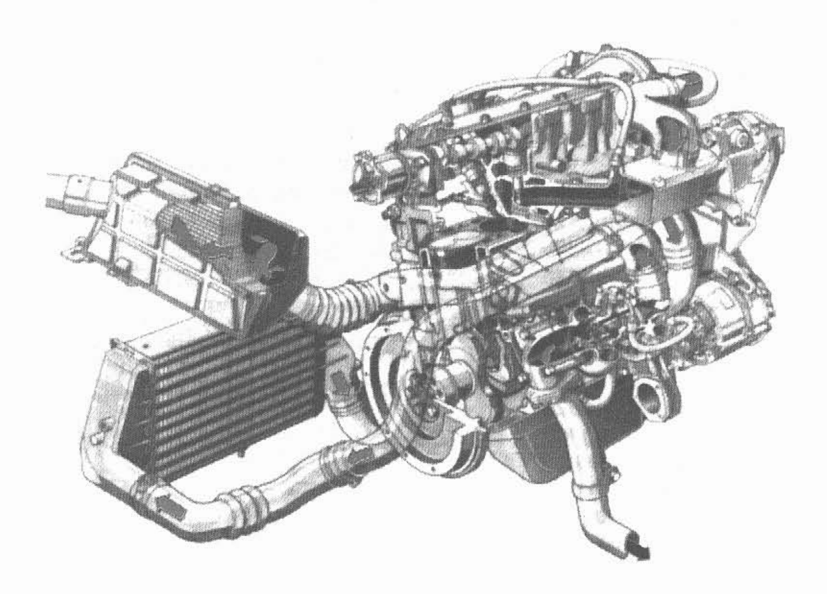
También se debe tener en cuenta, que el *compresor volumétrico* ofrece mayores ventajas que el turbocompresor, precisamente en aquellos puntos en los que este último presenta hasta ahora sus puntos flacos; esto es debido a que el compresor volumétrico se activa directamente desde el motor a través de una correa, por lo que entra en acción al mismo tiempo que el motor, lo que le permite dar una curva de par mucho más favorable a bajo régimen, que se asemeja a la de motores aspirados de mayor cilindrada y que por tanto confiere al motor una mayor elasticidad.

Al contrario de lo que ocurre con el turbocompresor, el compresor volumétrico está aún empezando a desarrollarse, a pesar de su mayor antigüedad; de ahí que sus desventajas sean tan notorias actualmente, debido a que el accionamiento del compresor volumétrico resta potencia al motor, siendo esta disminución más ostensible cuando el régimen aumenta de giro, ya que el turbocompresor es a este régimen cuando da la máxima potencia.



Esquema de sobrealimentación Intercooler. (FIAT Inyección gasolina)

Figura 9.4.



Motor de 4 cilindros
turbodiesel intercooler (FIAT)

Figura 9.5.

6. INTERCOOLER

Existe una solución que mejora el rendimiento de un motor sobrealimentado, bien sea un motor diesel o un motor de gasolina, pues el aumento de temperatura hace que la masa de aire entrante disminuya para un volumen total inalterable, repercutiendo en una disminución del rendimiento del motor. Esta solución es la inclusión en el circuito de admisión de un intercambiador aire-aire de calor (un radiador refrigerado por el aire exterior), también llamado *Intercooler*, que enfría el aire de admisión entre 40 y 50ºC, lo que produce: un aumento de la densidad del aire que mejora el llenado y la combustión, mejora el comportamiento mecánico del motor al disminuir el riesgo de detonación y se consiguen unas mayores prestaciones al aumentar la relación de compresión, frente al motor simplemente sobrealimentado.

Las figuras 9.3, 9.4 y 9.5 muestran el acoplamiento de un Intercooler a un motor diesel y a un motor del ciclo Otto con inyección electrónica, respectivamente.

Notas

1. **La primera patente**, registrada en 1902, fue de Louis Renault. En 1909 el suizo Buchi patenta la sobrealimentación por "ráfaga". El italiano Anastasi, durante la Primera Guerra Mundial, hizo lo propio aplicando la sobrealimentación a la aeronáutica. En 1917, el ingeniero Rateau pone a punto el motor turbocomprimido con el que se equipa al Renault Breguet 14 de 300 caballos.

La primera aplicación automovilística de la sobrealimentación fue realizada en 1923, en el campo de la competición, destinada al motor de Fiat de "Grands Prix", adaptándola posteriormente otras firmas como Alfa Romeo, Bugatti, Mercedes, etc.

Después de la Segunda Guerra Mundial ya son utilizados el compresor y el turbocompresor en los grandes motores diesel (locomotoras y camiones).

Tras un "paréntesis" de 20 años, es en la década de los 60 y sobre todo a partir del decenio de 1970, cuando apoyándose en una mayor desarrollo y aplicación deportiva, se implanta el turbocompresor de forma generalizada en todos los automóviles tanto de gasolina como diesel.

2. **Estequiometría**, es la parte de la química que trata de la aplicación de las leyes de las proporciones definidas y de la conservación de la materia, y también de la energía en los procesos y reacciones químicas.

Capítulo 10



Electricidad

1. GENERALIDADES

Al describir el ciclo de cuatro tiempos se dijo, que después de comprimir la mezcla de gases carburados durante una carrera ascendente del pistón, se hace saltar una chispa en la bujía situada en la cámara de compresión. Su objeto es provocar la explosión de la mezcla de aire y gasolina. Esta chispa se produce por medio de la electricidad; al conjunto de aparatos necesarios para obtenerla y hacerla saltar en el momento adecuado se llama *sistema de encendido*.

Los automóviles están provistos además, de una *instalación eléctrica* que ha de proporcionar energía al *equipo eléctrico*. Estos servicios al alumbrado, arranque, señalización y complementos eléctricos, son conseguidos mediante dicha instalación, que constituye una pequeña fábrica de electricidad. En la mayoría de los automóviles también suministra la electricidad que necesita el sistema de encendido para provocar la chispa en las bujías. Quedan ya muy pocos vehículos con el sistema de encendido independiente, que empleaban un aparato especial llamado *magneto*; este sistema de encendido ha visto reducida su aplicación a algunos modelos de competición, sin embargo con la introducción de la electrónica en el campo del automóvil la magneto parece haber cubierto ya la última etapa de su carrera en este ámbito.

A continuación se exponen los principios fundamentales de electricidad que debe conocer el conductor, los aparatos de que consta la instalación y equipo eléctricos y su funcionamiento, y por último se estudiarán los sistemas de encendido.

La introducción de la electrónica en el equipo eléctrico del automóvil obedece fundamentalmente a la necesidad de "dominar y gobernar" mejor las corrientes eléctricas, o de "rectificar" la corriente alterna, convirtiéndola en continua para poder cargar la batería. En este último caso se puede considerar al conjunto del alternador y de su equipo rectificador como el sustituto de la dínamo tradicional, prácticamente en desuso.

2. NOCIONES DE ELECTRICIDAD

2.1. Corriente eléctrica

La teoría electrónica de la constitución de la materia, universalmente aceptada, explica el origen de la electricidad.

El átomo está constituido por un *núcleo* en el que radica la masa y que define, por su composición, la clase de elemento de que se trata; en su interior hay dos tipos de partículas: el *protón*, carga eléctrica elemental positiva, y el *neutrón*, de masa igual a la del protón, pero sin carga eléctrica alguna. Una tercera partícula, el *electrón*, de masa inferior a la del protón y carga eléctrica elemental negativa, se encuentra girando alrededor del núcleo a enorme velocidad, describiendo órbitas concéntricas a su alrededor, resultando así un elemento generador de la inmensa energía potencial que se almacena en el átomo.

Si en un átomo coincide el número de electrones con el de protones, solo hay fuerzas atractivas en el interior del átomo y éste tiene carácter eléctricamente neutro. Estas atracciones impiden que los electrones abandonen su órbita, pero si este equilibrio se rompe por pérdida de electrones o por aumento del número de ellos, el átomo quedará con un déficit o un sobrante de cargas negativas, transformándose en un *ion*, con carácter positivo o negativo. Según el número de átomos ionizados quedará el cuerpo más o menos electrizado, tendiendo a volver a su estado inicial de neutralidad, tendencia que se manifiesta por su avidez en apoderarse de los electrones más externos, y por esto menos sometidos a la atracción de su núcleo, de los cuerpos próximos e incluso dentro del mismo cuerpo respecto a los átomos que no han sido electrizados y, por el contrario, por la inclinación a desprenderse de los elementos que sobran en sus capas exteriores, en ambos casos según el sentido que haya caracterizado su ionización. Es decir, que siempre que sea posible, tendería a establecerse el equilibrio entre cuerpos electrizados, mediante una verdadera corriente de electrones, que es en lo que consiste la *corriente eléctrica*. Figura 10.1.

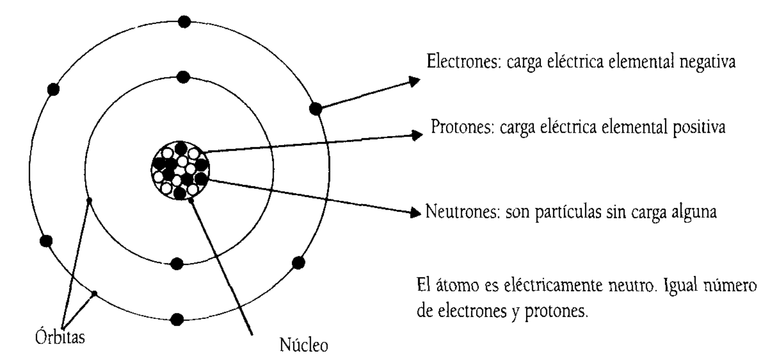


Figura 10.1.

2.2. Tensión, intensidad y resistencia

La energía eléctrica se obtiene por medio de la corriente eléctrica, que se define por su *tensión* o *diferencia de potencial* y su *intensidad*. Para formarse una idea clara de ambos conceptos puede compararse la corriente eléctrica con una corriente de agua. En la figura 10.2 se representan dos depósitos de agua, A y B, uno más lleno que otro y enlazados por medio de un tubo D. Si la llave de paso C está abierta, el agua de A, que está a mayor nivel, pasa al depósito con nivel inferior B. Esta corriente de

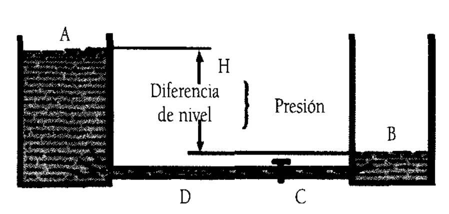


Figura 10.2.

agua es debida a la presión que produce la diferencia de nivel H, de los dos depósitos; a mayor diferencia de nivel pasará con más fuerza, por ser mayor la presión. Si el agua de A y B tuviera el mismo nivel, no habría corriente. Hay que considerar también el *gasto,* o sea, la cantidad de agua que pasa por el tubo en un tiempo determinado.

En cuanto al tubo, cuanto más largo y más estrecho, mayor será la *resistencia* que oponga al paso de la corriente, y si es corto y ancho, el gasto de agua será mayor.

Pues bien: de modo análogo se comporta la corriente eléctrica. La presión con que circula, diferencia de nivel eléctrico, recibe el nombre de *tensión*, que se mide en *voltios* (motivo por el que también se llama a la tensión *voltaje*), y es la "presión" mayor o menor con que el generador hace pasar la corriente eléctrica por los hilos que la conducen. Cuanto mayor sea la tensión, voltaje o diferencia de potencial, más fácilmente pasará la corriente.

La *intensidad* de la corriente equivale al gasto de agua, es decir, indica la cantidad de electricidad que pasa en un segundo, y se mide en *amperios*.

Por último, la noción de *resistencia* en los conductores eléctricos, que son los hilos metálicos por los cuales circula la corriente eléctrica, es la misma que en los conductos para el agua: cuanto más gruesos y cortos, más fácilmente dejan pasar la electricidad; cuanto más finos y largos, más resistencia oponen al paso de la corriente. No todos los metales son igualmente conductores de la corriente eléctrica: el cobre, el más empleado, es un buen conductor; en cambio con otros metales se hacen aleaciones que son más resistentes. Hay cuerpos, denominados *aislantes*, que difícilmente dejan pasar la corriente, como la porcelana, aceite, aire, papel, etc. Otros materiales, de comportamiento intermedio entre los metales y los aislantes, se denominan *semiconductores* y se comportan de distinta manera según las condiciones de trabajo a que se encuentran sometidos; constituyen la base de distintos artificios electrónicos de aplicación en el automóvil. La resistencia eléctrica se mide en *ohmios*.

En un circuito de resistencia determinada y fija, se comprende que cuanto mayor sea la tensión que se le aplique más cantidad de corriente pasará; y si para una tensión dada se varía la resistencia del circuito, a mayor resistencia pasará menor corriente, y cuanto más pequeña sea la resistencia, la corriente será mayor. Estas propiedades se resumen en la llamada *ley de Ohm*, que dice: *la intensidad de la corriente, I, es igual al resultado de dividir el voltaje, V, por la resistencia, R,* o sea: I = V/R o lo que es igual V = IxR, que quiere decir que el receptor de resistencia R ohmios, recorrido por una corriente de I amperios, absorbe un voltaje de V voltios.

En los automóviles, como el voltaje V de la instalación es fijo, la forma que más interesa de la ley de Ohm es "un receptor con resistencia R ohmios gastará una corriente de V/R amperios".

La *potencia eléctrica*, se mide en *vatios* y es igual al producto del voltaje, en voltios, por la intensidad, en amperios: W (vatios) = V (voltios) x I (amperios), es decir, que a igual voltaje, cuanto mayor sea la potencia absorbida por un receptor, mayor será la corriente que lo recorra. Por esta razón, como la fuente de energía eléctrica de un vehículo es de voltaje sensiblemente constante, el motor de arranque, que consume bastante potencia, gasta una intensidad de muchos amperios y los cables conductores habrán de ser gruesos para que pueda pasar con poca resistencia; el encendido que consume poca potencia, gasta pocos amperios y los cables pueden ser más finos.

Otro ejemplo: en un vehículo con instalación eléctrica de 12 voltios, una bombilla de luz para carretera de 30 vatios, consumirá 30/12 = 2,5 amperios, y una de población de 4 vatios gastará 4/12 = 0,33 amperios.

La potencia eléctrica se expresa industrialmente en Kilovatios (mil vatios), siendo un Kw igual a 1 1/3 CV (aproximadamente). Un CV es igual a 736 vatios o 0,736 Kw.

2.3. Fusible, circuito, acumulador

Si por un hilo delgado se hace pasar una excesiva intensidad de corriente (elevado número de amperios), obligándola por medio de una gran tensión, el hilo se calienta y puede llegar a quemarse. Esta propiedad se emplea para limitar la corriente que puede pasar por un hilo o serie de hilos, intercalando en ellos un hilo de plomo calibrado; cuando la intensidad sube de lo marcado peligrando el quemarse los conductores, con riesgo de incendio, ese hilo de plomo, llamado *fusible*, se calienta tanto que se funde, quedando cortado el paso de la corriente eléctrica.

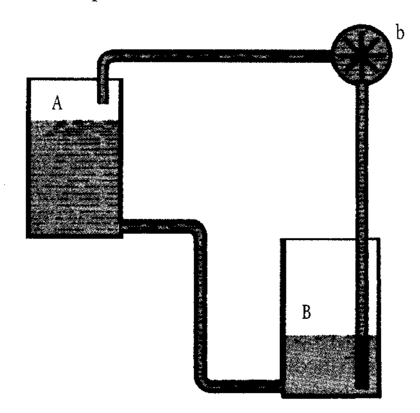


Figura 10.3.

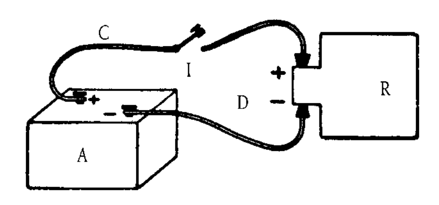


Figura 10.4.

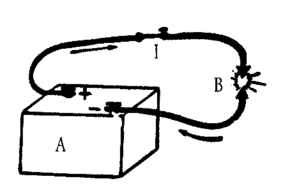


Figura 10.5.

Volviendo al símil del agua; cuando el nivel sea el mismo en ambos depósitos, la circulación del agua cesará e igualmente se interrumpirá aunque el depósito B se encuentre a un nivel inferior al A, cuando A se haya vaciado. (Fig. 10.3). Sin embargo, si disponemos de una bomba "b" que reenvíe el agua desde el depósito B al A, la circulación estará asegurada permanentemente. Se ve que hay dos caminos, uno de ida del A al B y otro de retorno del B al A. Para que la corriente eléctrica pueda circular es necesario que tenga expeditos un camino de ida y otro de vuelta. A este doble camino se le llama *circuito,* que debe de ser cerrado, porque si en un punto cualquiera, tal como el I (Fig. 10.4), se corta o abre el circuito, la electricidad no puede circular por el aire y se interrumpe, en semejanza a lo expuesto para el fusible, pero en este caso por un *interruptor* I. Sin embargo, cuando la presión eléctrica, tensión o voltaje, es grande y el espacio que queda entre los extremos del corte del circuito es pequeño, como ocurre en B (Fig. 10.5), la corriente eléctrica salta a través del aire en forma de *chispa.* Esto es lo que ocurre en las bujías, en las que salta la chispa eléctrica gracias a la gran presión con que se envía la corriente, y ella es la que inflama la mezcla comprimida en el cilindro.

Los *conductores* por los que circula la electricidad son, generalmente, hilos de cobre, denominados *cables,* recubiertos de materia aislante para evitar que en contacto con una superficie metálica la corriente pueda desviarse por ella.

Los puntos M, N, P, y Q (Fig. 10.6) por los cuales sale la corriente del depósito de electricidad, entra en el receptor, sale de él y regresa a aquel, se llaman *bornes* o *polos*, uno *positivo* (+) y otro *negativo* (-). M y Q son los bornes del depósito A; N y P, los del receptor R. Para diferenciar estos bornes, se dice que el M, por donde sale la corriente de un generador es el *polo positivo* (+) del mismo; y el borne por donde entra es el *polo negativo* (-). En los receptores es polo positivo el unido al positivo del generador. Las uniones por cables conducto-

res se llaman *conexiones*. Los depósitos de electricidad se llaman *acumuladores* o *batería de acumuladores* , y la almacenan en forma de energía química.

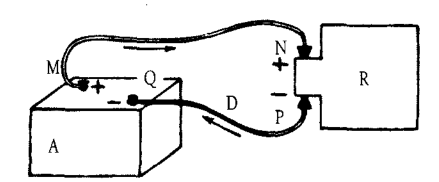


Figura 10.6.

En los automóviles los circuitos eléctricos están formados por un conductor aislado o *cable de ida* y uno *de vuelta*, que utiliza la masa metálica que forman el bastidor o carrocería, motor y demás partes metálicas del vehículo. El esquema eléctrico de la figura 10.4 se representará en la forma que indica la figura 10.7, en que la corriente al salir de R para volver a A, lo hace ahora por la unión o enlace que va del polo negativo (–) de R a la masa metálica del vehículo M ... N, por donde entra a través de un pequeño cable que une a *masa* el borne negativo (-) de la batería A. En este caso todos los bornes negativos de los receptores, se unen por medio de cables a la masa metálica más cercana a ellos y dicha masa constituye el conductor de vuelta D, representado de puntos en la figura.

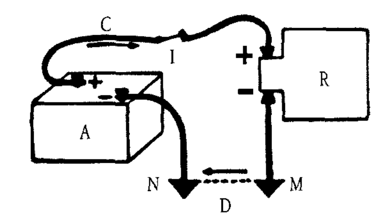


Figura 10.7.

En muchos de los esquemas eléctricos que siguen también se verán puestos a masa los bornes negativos. Esto no quiere decir que precisamente hayan de ser ellos los que usen el bastidor o carrocería y demás partes metálicas para enlazarse eléctricamente, pues se comprende que igual pudieron elegirse los polos positivos. Lo importante es que los cables estén eléctricamente bien aislados, para evitar cortocircuitos, y que se enlacen a masa todos los bornes o polos del mismo nombre o signo. En América, hasta 1953, eran mayoría los que ponían a masa los polos positivos pero ahora todas las marcas, como la mayoría de las europeas, ponen el negativo a masa cuando usan un generador de corriente contínua (*dinamo*) y a veces el positivo cuando usan el de corriente alterna (*alternador*).

Supóngase que en el circuito de la figura 10.8, de conductores de unión desnudos, estos se tocan estableciendo contacto eléctrico en Q. La corriente en vez de ir de + a - pasando por el receptor R, encuentra más fácil paso por el contacto Q y por él se cierra el circuito según indica la flecha de puntos. Aunque la tensión proporcionada por A sea constante, como el circuito tiene para la corriente, ahora, menos resistencia de la debida por no pasar por R, la intensidad será mayor y al no estar calculados los conductores para ello, se calentarán y quemarán con grave peligro de incendio si no se intercalara en el circuito un fusible F, que actúa en la forma ya indicada. El contacto Q entre los conductores de ida y vuelta se llama *cortocircuito*, o *circuito corto*, concepto que no debe confundirse con la denominación de *cortacircuito*, que reciben los interruptores y aún los fusibles por servir para cortar el circuito. En los automóviles, según lo explicado en la figura 10.7, el cortocircuito se producirá si uno cualquiera de los cables, por deterioro de su aislamiento, permite que el hilo conductor haga contacto con masa.

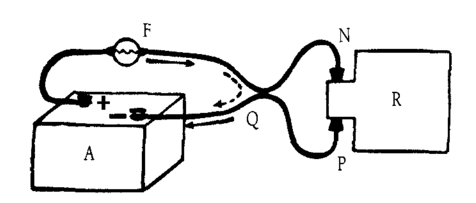
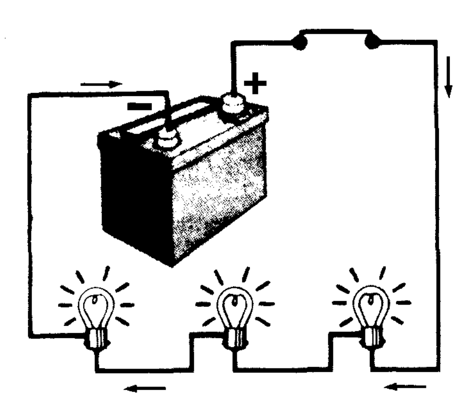
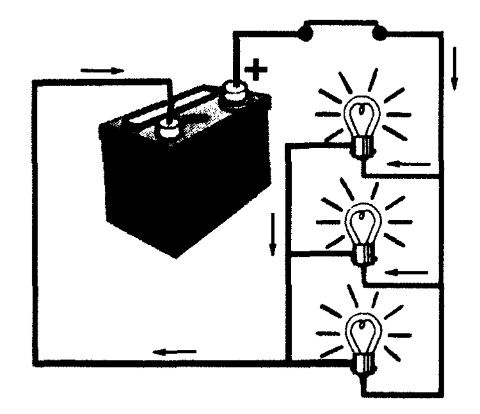


Figura 10.8.


Figura 10.9.

Cuando en un circuito todos los receptores o elementos consumidores de energía eléctrica se montan con la salida de uno conectada a la entrada de otro, se le denomina *circuito*, o *montaje en serie* (Fig.10.9), la corriente sólo tiene un camino para circular del polo positivo (+) al negativo (-). Cuando el cableado se divide, en función de la cantidad de receptores, el circuito recibe el nombre de *montaje en paralelo* o *en derivación*; la corriente tiene varios caminos para circular del borne positivo (+) al negativo (-) (Fig.10.10). Si el circuito tiene parte en serie y parte en paralelo constituye el *circuito mixto*. En los automóviles la mayoría de los elementos consumidores se conectan en paralelo, aunque los hay en serie y en mixto. En un circuito en serie si se interrumpe la corriente en un receptor, el circuito se corta; mientras que si lo es en paralelo, el resto de los receptores sigue en servicio.


Figura 10.10.

2.4. Medidores

Los aparatos dedicados a medir la tensión se denominan *voltímetros*, siendo los *óhmetros* los destinados a medir la resistencia de un elemento o de un circuito; los que miden la intensidad de la corriente se llaman *amperímetros* y son más empleados en automovilismo y de uso frecuente en las instalaciones eléctricas (Fig.10.11). Generalmente la escala de amperios es doble y señala la *carga* o *descarga*; al igual que para medir el consumo del agua se coloca un contador en el circuito, para medir el de la electricidad, o intensidad, se coloca en el circuito un amperímetro en serie.

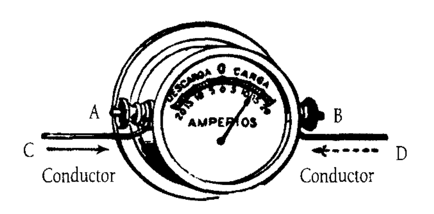


Figura 10.11.

Cuando en un aparato o dispositivo eléctrico se unen los bornes de entrada y salida de la corriente por un hilo conductor, éste pasará más fácilmente por el hilo que por aquellos al establecerse un camino más directo; esta acción se denomina colocar un *puente*, que "puentea" o *cortocircuita* el aparato.

3. MAGNETISMO

Se llama *imán*, toda sustancia que tenga la propiedad de atraer al hierro, a sus derivados y a otros metales, como el níquel por ejemplo.

En la naturaleza se encuentra un mineral llamado "piedra imán" que goza de esta propiedad, y sin con ella se frota una barra de acero, ésta se convierte en un imán. En la práctica todos los imanes empleados son de acero al que se comunica el magnetismo por medio de corrientes eléctricas, con lo que se consigue disponer de imanes muy potentes. Un imán de acero conserva su magnetismo durante mucho tiempo a no ser que se le golpee fuertemente o se le caliente a alta temperatura.

Los imanes se hacen casi siempre en forma de herradura (Fig.10.16) o rectos (Fig.10.12). La fuerza de atracción reside principalmente en los extremos, que en las figuras se señalan con las letras N y S. Esto se demuestra metiendo un imán en un montón de limaduras de hierro, al sacarlo se le quedan adheridas en la forma que indica la figura 10.12, en la que se ve que en los extremos del imán, también llamados *polos* se agolpan la mayoría de las limaduras.

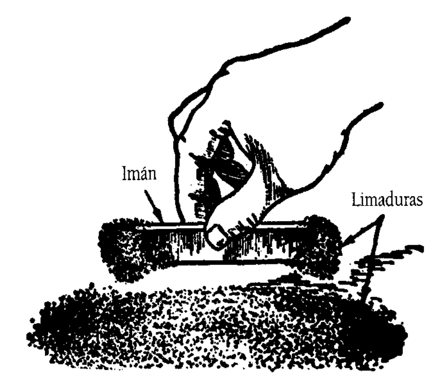


Figura 10.12.

Si una barra de acero imantada se suspende por su centro (Fig.10.13), uno de sus extremos, siempre el mismo, apunta en dirección al norte, razón por la que se le llama "polo Norte" (N), y "polo Sur" (S) al opuesto. Esto ya indica que los dos polos tienen naturaleza diferente, y así es; si se acerca un imán a otro se observa que los extremos N se repelen entre sí, lo mismo que ocurre con los S; en cambio el polo N de uno es atraído por el S del otro. Esto se explica porque entre los polos N y S hay una corriente de fluído o *flujo magnético*, que es el que efectúa su atracción mutua. En la figura 10.14, se ve representado por flechas el flujo magnético que ejerce la atracción entre los polos N y S de dos imanes, y en la 10.15 se ve este flujo repeliendo dos polos N y yendo a buscar, en cambio el S de su propio imán.

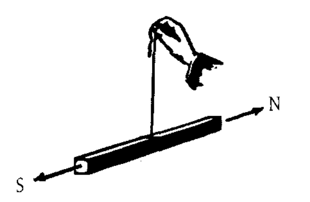


Figura 10.13.

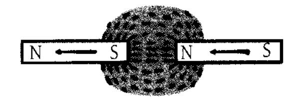


Figura 10.14.

Entre los polos de un imán en herradura (Fig.10.16), existirá por tanto un flujo magnético que va del polo N al S del imán, y que se señala con la línea de puntos. Este espacio entre los dos polos por donde circula el fluído, se llama *campo magnético*. El flujo que va por fuera del polo N al S vuelve por el interior del imán, estableciendo un circuito cerrado.

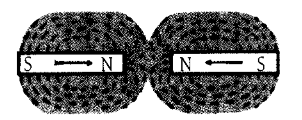
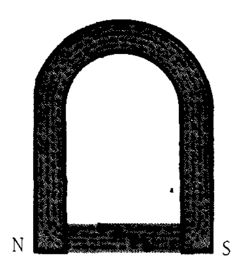


Figura 10.15.

Si entre los polos de ese imán se coloca una barra de hierro B (Fig.10.17), el flujo magnético se concentra a través de ella por ser el hierro un buen conductor del magnetismo, pero si se coloca una barra de latón o de aluminio (Fig.10.18), el flujo no circula por ella y sigue pasando a través del aire, por ser metales malos conductores del magnetismo, *antimagnéticos*, y no son atraídos.



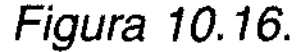


Figura 10.16.

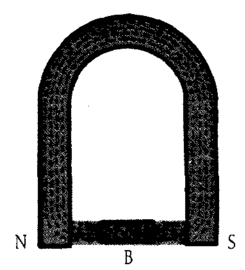


Figura 10.17.

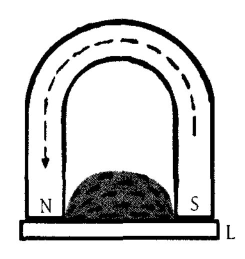


Figura 10.18.

4. INDUCCIÓN

En la figura 10.19 se representa un imán en herradura, y con líneas de puntos se señala el flujo magnético que el polo N envía constantemente al polo S a través del aire que los separa, *campo magnético*.

Se toma un trozo de conductor, un pedazo de hilo de cobre por ejemplo, se le da una vuelta, *espira*, se coloca en el campo magnético como se ve en "a", "b", "c", "d", y los extremos o terminales se unen a un amperímetro o a un *galvanómetro* G (aparato que sirve para acusar el paso de la corriente eléctrica por un circuito). De este modo la espira constituye un circuito cerrado. Si ahora se hace girar la espira en el sentido de la flecha F, el flujo magnético que en la figura 10.19 va por dentro del bucle o lazo que forma el conductor, cuando éste haya girado un cuarto de vuelta ya no pasará por el interior de la espira (Fig.10.20), pues el flujo la coge de canto y circulará rozando sus caras, pero sin pasar por dentro de ella. Al girar otro cuarto de vuelta (Fig.10.21) el flujo vuelve a pasar por dentro de la espira; al siguiente cuarto de vuelta (Fig.10.22) ya no lo hace porque la espira está otra vez de canto a la dirección del flujo; al girar otro cuarto de vuelta la espira vuelve a estar en la situación de la figura 10.19.

Pues bien, debido precisamente a esta variación del flujo magnético que pasa por el interior de la espira se comprueba que al girar esta, "nace" una corriente eléctrica en

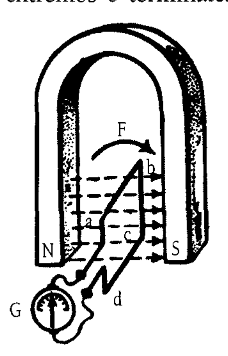


Figura 10.19.

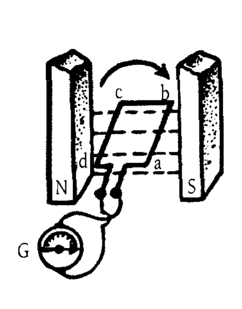


Figura 10.20.

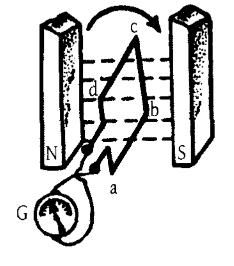


Figura 10.21.

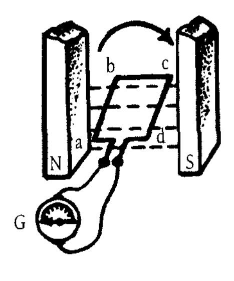


Figura 10.22.

ella, acusada porque la aguja del galvanómetro G se desvía de su posición de reposo.

Si en vez de girar una espira giran varias, en cada una de ellas nace una corriente eléctrica, y la corriente total obtenida será mayor.

Este fenómeno llamado de *inducción*, porque la variación del flujo induce la corriente en la espira, es el fundamento de todas las máquinas productoras de electricidad: *dínamos*, generadores de corriente contínua, y *alternadores*, generadores de corriente alterna.

5. ELECTROIMÁN

Mediante una corriente eléctrica se puede hacer un imán. Sobre una barra cilíndrica de hierro dulce PQ (Fig.10.23), llamada *núcleo*, se arrolla una serie de vueltas o espiras E de cable conductor; los extremos de este arrollamiento, que se llama *bobina*, se unen a los bornes positivo (+) y negativo (-) de un generador o un depósito de electricidad A, intercalando en el circuito el interruptor I. Cuando éste se cierra (Fig.10.24), la corriente pasa por todas las espiras que forman la bobina y ocurre el fenómeno de que el núcleo se convierte en un imán, apareciendo los dos polos N y S, como en un imán permanente de acero. En cuanto se corta la corriente con el interruptor I, el magnetismo desaparece; y cada vez que se cierra el circuito se convierte la bobina con su núcleo en un imán que, por ser debido a la electricidad se denomina *electroimán*.

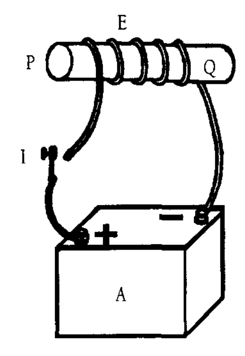


Figura 10.23.

Si el extremo J de la bobina E se uniese al borne negativo (-) del acumulador A, y el K al positivo (+), la corriente eléctrica circularía por el cable al revés de como marcan las puntas de las flechas, y entonces el polo N del electroimán se formaría donde la figura señala el S. Pero no por ello dejaría de convertirse en un electroimán; la única diferencia es que tendría su polaridad al revés que antes. Esto es importante, porque en un montaje con los polos del generador, batería o receptor, cambiados, se perturbaría su funcionamiento y en algunos casos podría averiarse el aparato.

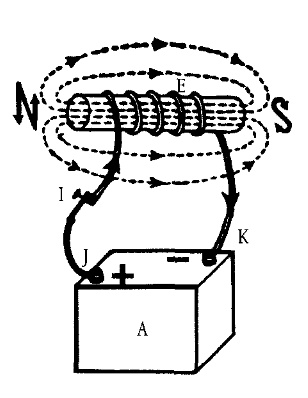


Figura 10.24.

La fuerza magnética de los electroimanes es muy superior a la que se puede obtener con un imán permanente del mismo tamaño, y por esta causa sirve para numerosas aplicaciones prácticas.

El flujo magnético del electroimán, sea recto o en forma de herradura, lo mismo que el de los imanes, es cerrado; es decir que el flujo va del polo N al S y luego vuelve del S al N por dentro del núcleo en la forma que señala la figura 10.24.

Si se coloca cerca del extremo del núcleo una pieza ligera de hierro o acero, al pasar la corriente eléctrica por la bobina se desarrolla una fuerza magnética que atraerá dicha pieza, la cual recibe el nombre de *armadura* del electroimán.

Muchas veces para accionar interruptores a distancia se usa un electroimán intermedio; el conductor cierra el interruptor de un circuito auxiliar que hace pasar corriente por dicho electroimán y éste atrae su armadura, verdadero interruptor del circuito principal que, al moverse, lo cierra o abre. En esta aplicación el electroimán auxiliar recibe el nombre de *relé*.

6. CORRIENTE ALTERNA. CORRIENTE CONTINUA

Cuando la espira ocupaba la posición de la figura 10.19 y pasa por la 10.20 hasta la 10.21, durante toda esta media vuelta la corriente generada tiene un sentido determinado, precisamente el "d"- "c"- "b"- "a"; cuando la espira gira la otra media vuelta desde la figura 10.21, pasando por la 10.22 hasta nuevamente la 10.19, se comprueba que la corriente tiene sentido contrario "a"- "b"- "c"- "d". Es decir, la corriente eléctrica, alternativamente, cambia de sentido como así mismo su tensión o voltaje: la razón es que la espira cambia su cara a la dirección permanente del flujo magnético. Si el extremo "a" de la espira se une a un anillo y el "d" a otro y en ambos se apoyan frotadores, por estos se sacará al exterior la electricidad generada en la espira, obteniéndose una *corriente alterna*, muy usada en las aplicaciones domésticas e industriales y, desde 1960, cada vez más en instalaciones para automóviles. El generador así constituido se llama *alternador.*

En la figura 10.25 se representa gráficamente la variación alternativa de la corriente según la posición de la espira giratoria: al pasar por la posición 1 hay un instante en que prácticamente no hay variación en el flujo magnético que corta, y la corriente generada es nula como se representa en la curva de debajo; en la 2, es cuando la variación del flujo cortado por la espira es la mayor posible y la corriente vale un máximo en "a"; en 3, vuelve a ocurrir lo de 1 y la corriente se anula de nuevo. Al ir hacia la posición 4, es cuando se comprueba que la corriente inducida cambia de sentido, por lo que su valor "c" se pone en sentido contrario al de "a", y es porque de la posición 3 a la 5 la espira presenta al flujo permanente entre N y S la cara opuesta a la que mostraba de la posición 1 a la 3. La posición 5 es otra vez la 1, repitiéndose el ciclo. La corriente tiene pues, la forma de la curva trazada, que representa con claridad los valores que alternativamente toma en sentido contrario.

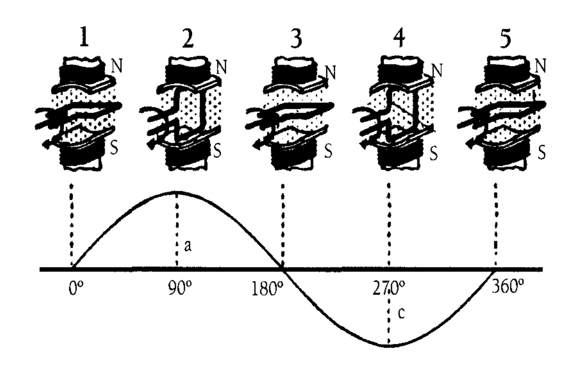
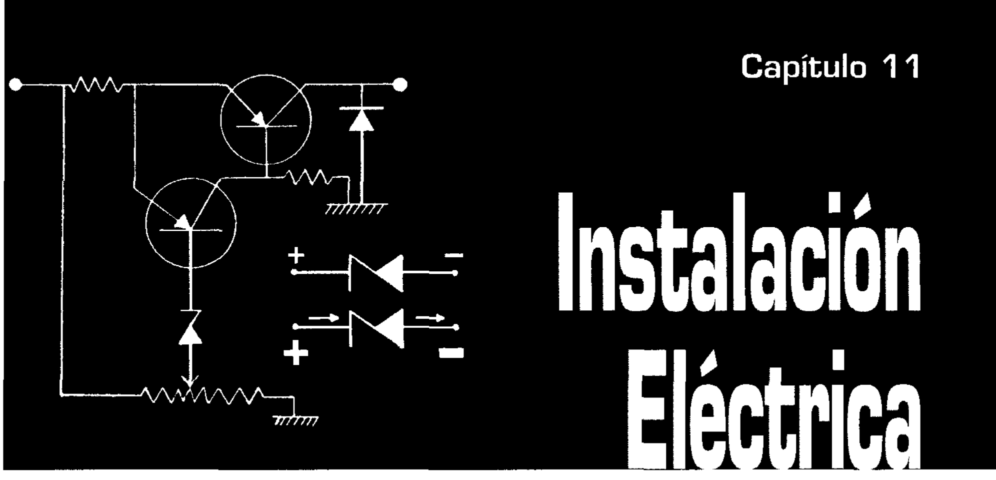


Figura 10.25.

Si lo que conviene es disponer de una tensión constante, no alternativa, se recurre a un artificio que proporciona siempre la corriente en un mismo sentido, llamada *corriente contínua*, utilizada en la industria, sobre todo en tracción, y que lo es en la mayoría de los equipos eléctricos de automóviles.

Como resumen: la corriente alterna es aquella que constantemente cambia de valor y, periódicamente de sentido, y se utiliza para uso doméstico e industrial; en ella, el movimiento de los electrones es vibratorio, circulando alternativamente, y con una frecuencia determinada, en distinto sentido. Corriente contínua es aquella que no cambia de valor ni de sentido, y se utiliza en el automóvil y en todos los aparatos electrónicos; en ella el movimiento de los electrones es continuo y siempre en el mismo sentido.



Instalación Eléctrica

Nuestro agradecimiento al Equipo Técnico de
S. E. ACUMULADOR TUDOR, S. A.

1. INTRODUCCIÓN

Se define como generador eléctrico a toda máquina que transforma la energía mecánica en electricidad, generalmente por medio de la inducción electromagnética. La energía mecánica se puede tomar directa o indirectamente del movimiento del motor; la eléctrica se manipula adecuadamente para su consumo directo o para su almacenaje en un *acumulador* o en una *batería*. El generador que produce corriente alterna se denomina alternador, el que produce corriente contínua se denomina dinamo.

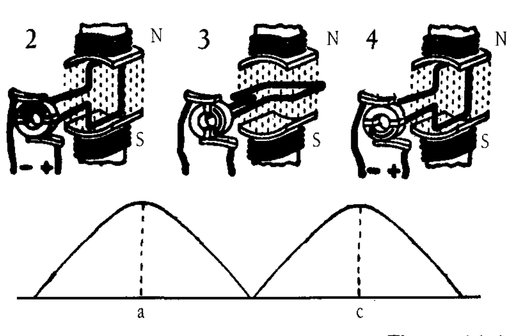
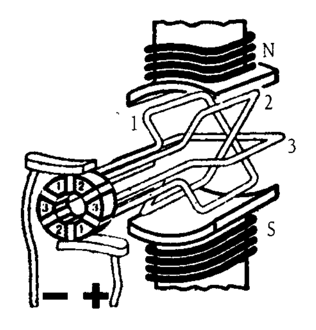


Figura 11.1.

Considerando lo expuesto al hablar de la corriente alterna (Figs.10.19 a 10.22), si en vez de disponer los anillos citados, fundamento de los alternadores, se unen (Fig. 11.1) los extremos de la espira a las dos mitades citadas, *delgas*, de un sólo anillo cortado, y sobre éste se apoyan unos frotadores o *escobillas*, por una de las cuales se saca la corriente para ser utilizada, por la otra regresará cerrando circuito. Cada vez que la corriente cambia de sentido en la espira se cambia también la posición de las delgas a causa del giro; al pasar por la posición 3, la corriente se anula; pero al mismo tiempo se invierte la posición de las delgas ante las escobillas, de modo que estas siguen conservando la misma polaridad y la corriente circula por el circuito exterior en el mismo sentido que antes; es decir, ahora la curva de corriente es como se representa debajo, con un valor "c" correspondiente a la posición 4, en el mismo sentido que "a", gracias al artificio del anillo cortado o *colector*.

Queda claro, por lo tanto, que la corriente que circula por la espira, es decir la que circula por los devanados de la máquina, es por su propia naturaleza "alterna", puesto que



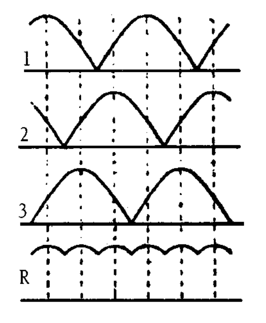


Figura 11.2.

cambia de sentido. Sin embargo, mediante un artificio mecánico que se llama colector,se consigue que este cambio de sentido desaparezca en el circuito exterior, disponiendo éste último de una corriente "contínua", aunque ligeramente ondulada (Fig. 11.2). Se ha convertido así la corriente alterna inicial en contínua, lo que se expresa más correctamente diciendo que se ha "rectificado" la corriente.

El colector es, de esta forma, el primer modelo de rectificador que se conoce y recurre a una ingeniosidad mecánica. Más adelante se verá que el problema que se suscita con la utilización de los alternadores es, esencialmente, el mismo, con la única diferencia de que en este caso se recurre al auxilio de la electrónica para rectificar la corriente.

La velocidad de arrastre de un generador varía entre límites muy amplios, por otro lado la intensidad de la corriente consumida por un vehículo, también tiene grandes variaciones. Pues bien, a pesar de estos dos factores tan variables, interesa que proporcione una tensión aproximadamente constante; para ello se recurre a dispositivos que la regulen automáticamente, llamados *reguladores de tensión* y *reguladores de intensidad*.

Las máquinas dinamo-eléctricas son reversibles, es decir, que adquieren un movimiento de rotación y pueden utilizarse como motores cuando son recorridas por una corriente suministrada por un generador eléctrico cualquiera. En ello se fundamenta el *motor de arranque*.

2. GENERADORES DE CORRIENTE

2.1. Dinamo

Los generadores de corriente contínua se utilizan poco en los automóviles actuales. Son generadores en paralelo con auto-excitación, ventilados por medio de ventiladores acoplados y montaje en un brazo oscilante; su accionamiento es en general desde el eje del motor térmico por medio de correas trapezoidales, asegurando la recarga del acumulador y la alimentación de los diversos circuitos y accesorios.

La dinamo debe comenzar a dar la tensión necesaria a un bajo número de revoluciones y alcanzar la máxima potencia a una velocidad no muy elevada; por otra parte la tensión en sus bornes ha de ser constante, aunque el vehículo vaya a la máxima velocidad. Para cumplir este requisito, así como para conseguir la conexión-desconexión correcta entre el acumulador y la dinamo, se auxilia del grupo regulador.

Como se expuso anteriormente es un generador de corriente alterna, rectificada mecánicamente mediante el cambio de posición de las delgas del colector respecto a las escobillas.

En vez de tener un sólo hilo, la espira en realidad tiene varias vueltas, formando bobina, y son los extremos de ésta los que se unen a las delgas; sobre el armazón redondo que sirve de soporte a la bobina se colocan otras bobinas más, llenando los huecos de la parte

no ocupada (Fig. 11.2); cada una (1, 2, 3,...) con sus extremos unidos a las correspondientes delgas (1-1, 2-2, 3-3, ...) piezas de cobre aisladas entre sí por finas hojas de material no conductor. El conjunto de las delgas forma el colector sobre el cual se apoyan las dos escobillas de carbón que recogen la electricidad en forma de corriente contínua, pues como se ve a la derecha de la figura, las escobillas recogen la corriente de la bobina 3 cuando vale el máximo, enseguida el máximo de la 2 y luego el de la 1, repitiéndose el ciclo; o sea, que en vez de haber un máximo por media vuelta, habrá ahora tres, y la corriente resultante es R. Cuantas más bobinas haya, más regular será la corriente contínua obtenida.

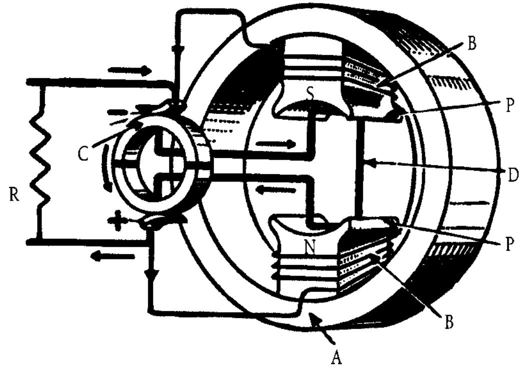


Figura 11.3.

En vez de producirse el campo magnético con un sólo imán permanente, se refuerza el efecto de éste por medio de unas bobinas (N y S en las figuras anteriores) que al ser recorridas por parte de la misma corriente que produce la dinamo se convierten en electroimanes y añaden su flujo al de los imanes (Fig. 11.3); de las escobillas (+) (-) que recogen la corriente en el colector C se deriva un circuito formando las bobinas B arrolladas sobre los polos N y S. Se dibuja la salida al circuito de utilización o carga, representado por una resistencia R. Los imanes y las bobinas B, que sobre ellos van montados, reciben el nombre de *inductores*, la parte giratoria D, donde van las espiras en las que nace la corriente eléctrica, se llama *inducido*, y por éste pasa el flujo de N a S. El soporte circular A, que cierra por fuera el circuito magnético entre S y N, se llama *armadura* o *carcasa*, y los ensanchamientos P de los polos inductores que abrazan al inducido, *piezas o expansiones polares.*

Para que la dinamo produzca energía es necesario que las bobinas del inducido corten el campo magnético existente entre las piezas polares, lo cual se consigue mediante el giro del inducido, que va enfrentando sucesivamente cada bobina con dichas piezas, creando en las bobinas del inducido corrientes alternas rectificadas mecánicamente por el cambio de posición de las delgas del colector respecto de las escobillas.

El inicio de carga de la dinamo se consigue aprovechando el magnetismo remanente de las expansiones polares, generando una pequeña corriente en el inducido que, al estar la dinamo autoexcitada, alimenta al conjunto inductor reforzando el campo magnético ya existente y en consecuencia la corriente en el inducido. El proceso se repite hasta que la tensión en bornes de la dinamo, aumentando progresivamente, sea superior a la existente en los bornes del acumulador y se produzca la carga del mismo.

En la figura 11.4 puede verse una dinamo con sus elementos desmontados.

Una de las propiedades de la electricidad es que calienta los conductores por donde circula (cualidad que se aprovecha para muchas aplicaciones, como es la calefacción); los hilos que forman el arrollamiento del inducido de las dinamos están calculados para producir una determinada intensidad de corriente sin calentamiento excesivo que derrita y queme su aislamiento y, para conseguir su refrigeración, las dinamos modernas disponen de una ventilación adecuada; como es lo frecuente, la correa C del ventilador (Fig. 11.5) es la que mueve la polea P de la dinamo en distinto eje que aquel, entonces la misma cara

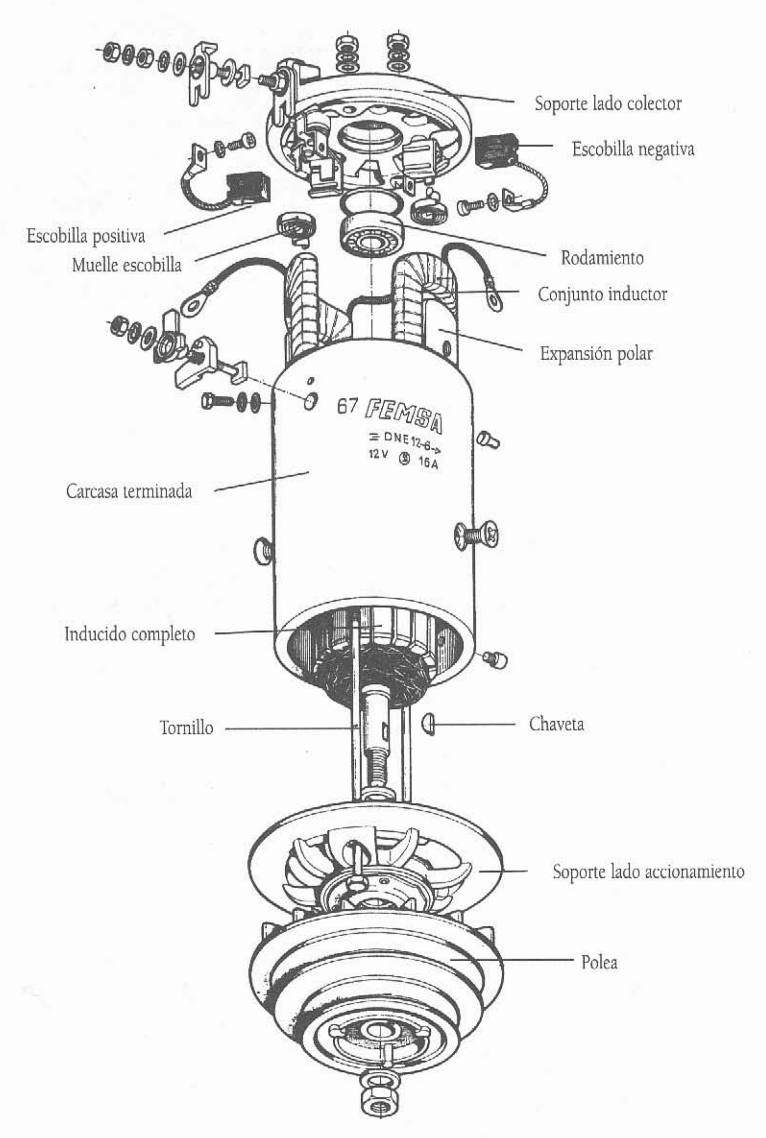


Figura 11.4.

interna de la polea lleva unas paletas A que actúan como bomba centrífuga, aspirando por el centro el aire que entra por la tapa trasera T, recorre el interior de la dinamo entre el inducido y los inductores (camino de las flechas) y sale expulsado hacia fuera.

El tensado de la correa del ventilador se realiza mediante el basculamiento de la dinamo (Fig. 11.6). Los rodamientos de bolas así como los cojinetes lisos son, en general, del tipo sella-

do con lubricante permanente (auto-engrasantes) y no requieren atención.

2.2. Alternadores

Hasta 1960 era de empleo general la dinamo para obtener la corriente contínua con que cargar la batería de acumuladores. La necesidad de utilizar el alternador viene impuesta primordialmente por el continuo incremento de aparatos instalados en el vehículo para aumentar la seguridad y el confort, tales como: faros dobles y antinieblas, ventanilla trasera calentable, radio, calefacción, encendedor, etc., con el consiguiente aumento del consumo(1).

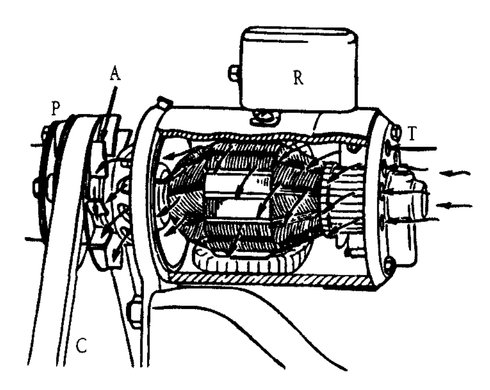
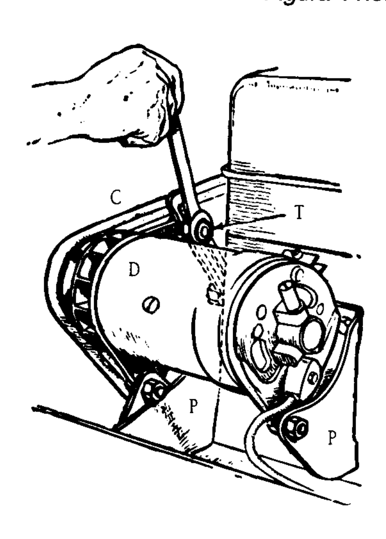


Figura 11.5.

Por otra parte, debido al incremento del tráfico urbano, el motor del vehículo se ve obligado a girar a velocidades muy bajas o a ralentí; a pesar de todo es necesario satisfacer las necesidades de energía aún en estas condiciones adversas. Donde más se advierte esto es, por ejemplo, en los autobuses de servicio urbano en grandes ciudades con circulación intensa. La figura 11.7 muestra el promedio (en tantos por cientos señalados a la izquierda) del tiempo que un motor de autobús gira a diversas velocidades de rotación. El 35% de su funcionamiento lo hace al ralentí (unas 400 revoluciones por minuto), mientras que la dinamo empieza a cargar a 500 o más rpm. Como además en estos vehículos el consumo por alumbrado interior y otros servicios es muy alto, fue en ellos donde primero se usaron los alternadores (con rectificador de corriente para los usos de batería). La línea D corresponde a la característica de la dinamo, en más del 40% del tiempo de funcionamiento no carga. La curva A es la característica de un alternador de análoga potencia: en ralentí ya da 30 amperios, con lo que se asegura la debida alimentación de la batería.



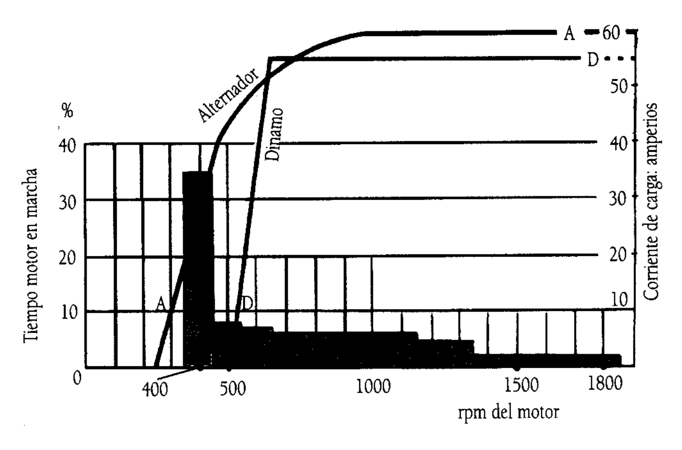
Tensado de la correa C del ventilador basculando la dinamo sobre las tuercas-pivote PP. El apriete y ajuste se hace en T.

Figura 11.6.

Por su constitución el alternador puede girar a mayor número de revoluciones que la dinamo (limitada por su colector y escobillas), consiguiéndose una mayor potencia para el mismo peso y/o volumen. Esta posibilidad unida a que el alternador inicia su carga a unas revoluciones inferiores a la dinamo, permite en la mayoría de los casos alimentar los servicios y cargar el acumulador estando el vehículo al ralentí. El acumulador queda prácticamente reducido a un elemento necesario para la puesta en marcha del vehículo, encontrándose siempre cargado y dispuesto para realizar sus funciones.

Las limitaciones de la dinamo, las salvan los alternadores de la siguiente manera:

- Los anillos rozantes de los alternadores, que guardan una cierta relación aparente con el



Con el motor en ralentí, el alternador carga la batería.
Figura 11.7.

colector, no presentan el inconveniente de las chispas de naturaleza eléctrica que en éste último se generan, puesto que la corriente que por ellos circula es contínua (y por lo tanto sin cambio de sentido), de mucha menos intensidad ("excitación" del inductor solamente), y no se producen "rupturas" como entre las delgas del colector y sus correspondientes escobillas.Los anillos son totalmente cerrados y, por ello, rígidos desde el punto de vista mecánico.

- El devanado del rotor puede ser único y realizado en torno al propio eje de la máquina. De hecho es así en la casi totalidad de las marcas y modelos, teniendo también, gracias a eso, una gran rigidez mecánica.

De esta forma, el alternador, además de empezar a cargar "antes" (por debajo de la marcha en ralentí), puede alcanzar hasta las 15.000 rpm, superando todo inconveniente por alta que sea la velocidad alcanzada por el vehículo.

La dificultad para el empleo del alternador estaba en el rectificador necesario para convertir su corriente alterna, CA, en corriente contínua, CC, forma indispensable para la imprescindible batería.

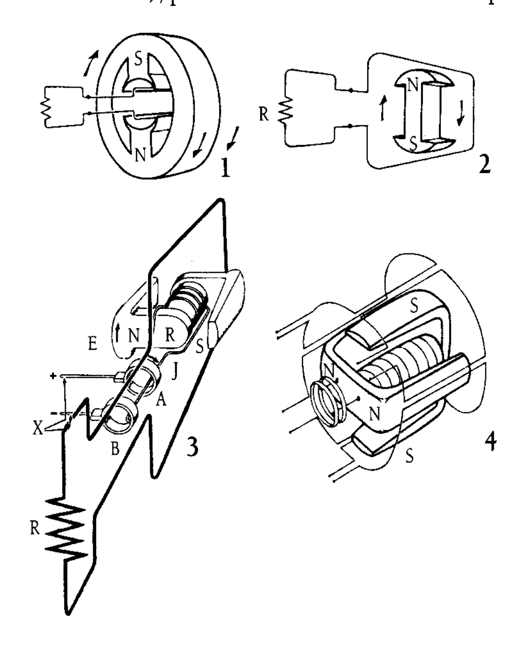


Figura 11.8.

2.2.1. Alternador elemental

Viendo el fenómeno de la inducción se ha adquirido ya una idea acerca de la constitución de un alternador elemental. Al hacer girar una espira de cobre (u otro material conductor) entre los polos de un imán, como en las figuras 10.20, 10.21, 10.22 y 10.23, se "induce" en ella una corriente alterna. Es evidente que lo mismo sucedería si, manteniendo la espira quieta, se hiciese girar el imán exterior. Al tratar de las dinamos se vió también como por los

devanados de éstas circula corriente alterna, que se rectifica, en el momento de salir al circuito exterior, mediante el artificio mecánico llamado colector.

Lo que interesa es la producción de una corriente alterna; al no necesitar colector se consigue de una manera más fácil invirtiendo los papeles, como se acaba de decir. Esto es: se hace girar el imán inductor exterior dejando la espira inmóvil y conectada a un circuito exterior R, como en la figura 11.8 detalle 1; circulará una corriente alterna. Otra modalidad, con los mismos resultados, sería la del detalle 2 de la misma figura en la que el imán giratorio está ahora en el interior de la espira.

Existen realizaciones prácticas, con imán permanente como inductor, que responden a lo esquematizado en los detalles 1 y 2 de la figura 11.8. Hay que hacer la aclaración que se expuso ya a propósito de la dinamo, acerca de que lo que se ha representado por una espira es en realidad una bobina o conjunto de bobinas. Son creaciones relativamente recientes debidas al enorme progreso de la técnica de los imanes permanentes y al avance de la misma en el campo de la regulación, puesto que tratándose de imanes permanentes no se puede actuar sobre un circuito inductor inexistente.

Al tratar de los electroimanes se ha visto que la fuerza magnética que se puede obtener de uno de estos es muy superior a la conseguida con un imán permanente. Por esta razón en la dinamos no se usaban estos últimos como inductores, recurriéndose a los primeros mediante la presencia de un circuito inductor. Esto, además de la consideración hecha acerca de la regulación, ha dado lugar a que en la mayoría de los alternadores se haya recurrido también al uso de los electroimanes para crear el campo inductor. Ello no complica demasiado las cosas: basta una simple observación de la figura 11.8 en el detalle 3, para darse cuenta de como se puede sustituir el imán permanente por un electroimán; el devanado de éste último estará alimentado por una corriente contínua, a través de los anillos rozantes A y B.

Con la salvedad de que la espira representa en realidad una bobina, se ha hecho en la figura 11.8 la descripción del más elemental de los alternadores "monofásicos". Nada impediría haber dispuesto de un inductor de mayor número de polos magnéticos y, en consecuencia, de un mayor número de bobinas. Si se utilizasen, por ejemplo, cuatro polos en lugar de dos, ya no habría una separación diametral entre N y S, sino que estos se distribuirán alternativamente estando separados por un cuarto de circunferencia. Como los lados de cada espira o bobina han de corresponderse con polos de distintos signos, es evidente que tampoco su separación será diametral, sino que abarcará solamente la distancia entre dos polos consecutivos (en el caso de cuatro polos, un cuarto de circunferencia). En el detalle 4 de la figura 11.8 se esquematiza una realización de este tipo, con devanado de inducción por anillos rozantes, cuatro polos magnéticos y cuatro bobinas. Naturalmente, e igual que en el caso de las dinamos, las bobinas pueden conectarse entre sí (en serie o en paralelo, según convenga), de tal forma que se tengan únicamente dos terminales accesibles en el exterior.

Los alternadores "monofásicos" son mucho menos utilizados que los "trifásicos", que se verán a continuación.

Aunque al principio los "rotores" (inductores giratorios) utilizados solían tener la forma de la figura 11.9, hoy prácticamente todos los equipos han adoptado el que señala la figura 11.10, más corto y en cambio de mayor diámetro. El inductor tiene un solo arrollamiento que

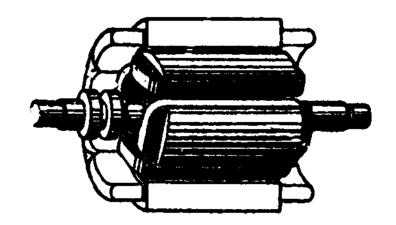


Figura 11.9.

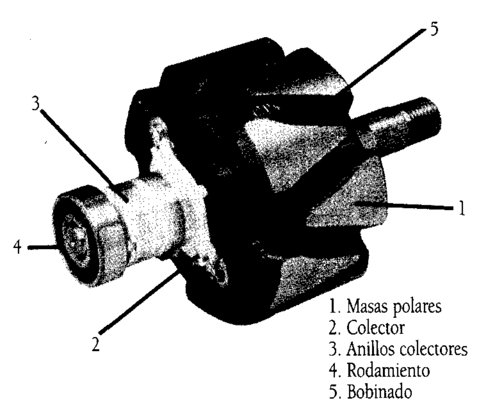
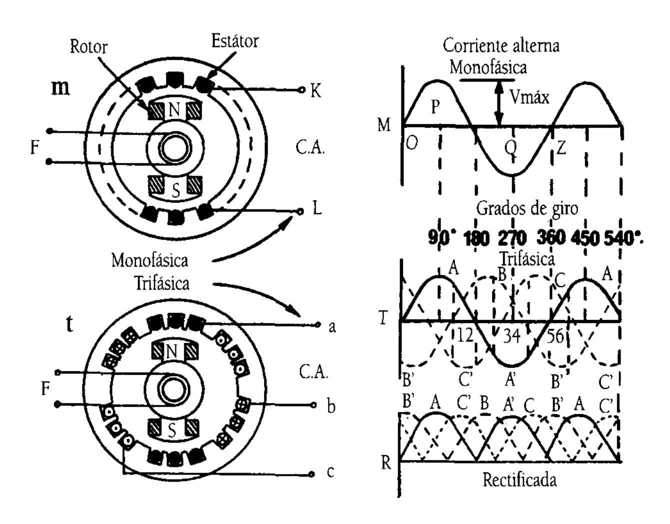


Figura 11.10.

activa al electroimán, cuyos polos son las grandes placas 1; éstas tienen sus bordes formando dientes del modo señalado en la figura 11.8, detalles 3 y 4, de tal manera que entrando unos entre los otros al tresbolillo, se forman tantos pares de polos a lo largo del borde del rotor como dientes tiene cada placa (expansiones polares).

Es precisamente esta disposición del inductor, con arrollamiento único y centrado en el eje, de suma robustez, quien permite además de la ausencia del conductor las elevadas velocidades de giro que pueden soportar los alternadores, con las consiguientes ventajas a que ya se hizo referencia.

La corriente inducida en un alternador monofásico tiene la forma ondulada que se indica en M (Fig.11.11), tal como ya se ha visto en la figura 10.25 y en su correspondiente explicación. Las bobinas donde se ha engendrado esta corriente están unidas entre si, formando un juego que presenta dos terminales o *bornes*, accesibles desde el exterior.



Corriente monofásica (m-M) y trifásica (t-T) con su rectificación

Figura 11.11.

2.2.2. Alternadores trifásicos

Si se reparte la distancia existente entre un polo N y un polo S en tres partes iguales, y se hace esto para cada uno de dichos pares de polos, se podrá instalar, en lugar de un solo "juego de bobinas", tres, en la forma que explica la figura 11.12. En cada uno de estos juegos se generará una corriente como la dibujada en M (Fig.11.11), pero, puesto que un mismo polo magnético alcanzará antes a una bobina del primer juego que a la correspondiente del segundo, y antes a esta última que a la del tercero, las corrientes serán iguales aunque distanciadas por igual cada una respecto a la anterior. Se puede ver su dibujo en T (Fig.11.11). En el tiempo en el que la corriente ha efectuado, en el primer juego de bobinas, una ondulación completa, han "nacido", primero una y otra después, dos ondulaciones iguales en los otros dos juegos. Como las bobinas estaban distanciadas por igual, el

retraso de cada onda, con respecto a la anterior, ha de ser, precisamente, de un tercio de la duración de la "onda" completa.

En un sistema como el descrito se deberían tener (2 x 3 = 6) seis terminales accesibles desde el exterior (A, B, C, R, S, T, Fig 11.12), tres de ellos corresponderán a los cables de "ida" y tres a los de "vuelta". Sin embargo por las razones que se verán a continuación (y que constituyen una de las mayores ventajas del sistema trifásico), se pueden enlazar entre si los bornes R, S y T, dejando libres al exterior solo los A, B y C.

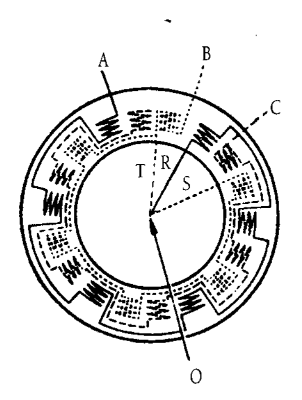


Figura 11.12.

Como se ha dicho, se puede utilizar como conductor de vuelta, o de ida, la masa del propio vehículo, por ejemplo. De esta forma, resulta que dicha masa es conductor de vuelta para muchos circuitos a la vez. Siguiendo el mismo criterio, en el alternador trifásico se podría reunir en un solo borne los R, S y T, tal como se hace en O en la figura 11.12, y enlazar luego éste a un conductor de vuelta único, o a masa.

Fijándose ahora de nuevo en el gráfico T de la figura 11.11: en cualquier punto del mismo hay dos corrientes circulando por dos de los "juegos de bobinas" de la máquina en un mismo sentido, mientras que en el otro bobinado la corriente circula en sentido contrario; obsérvese también que el valor de esta última corriente (la que va en sentido contrario a las otras dos) es igual a la suma de aquellas. Hay algunos puntos en que por uno de los devanados no circula corriente (es cero), mientras que en los otros dos lo hacen corrientes de la misma intensidad y de sentidos opuestos. En ambos casos el resultado es el mismo: la suma de las corrientes del mismo sentido de dos devanados es igual a la que circula por el tercero, en sentido contrario (cuando una es cero puede sumarse a cualquiera de ellas). Esto tiene una consecuencia importantísima: por O (Fig.11.12) no entrará ni saldrá ninguna corriente puesto que las dos que llegan (o salen) por dos devanados se suman, y su total sale (o llega) por el otro arrollamiento. De esta forma además de reunir R, S y T en O se puede prescindir de toda conexión de éste último a un conductor de vuelta; quedan por tanto accesibles los bornes A, B y C. En realidad la corriente de ida que envía uno de ellos la recogen de vuelta los otros dos, o al revés. Todo esto se volverá a ver al tratar de la "rectificación".

Esta forma de conexión, reuniendo R, S y T en O y dejando A, B y C libres, se denomina en *estrella*, porque los devanados de inducido así enlazados pueden representarse esquemáticamente por una especie de estrella de tres puntas, tal como se hace en la figura 11.47.

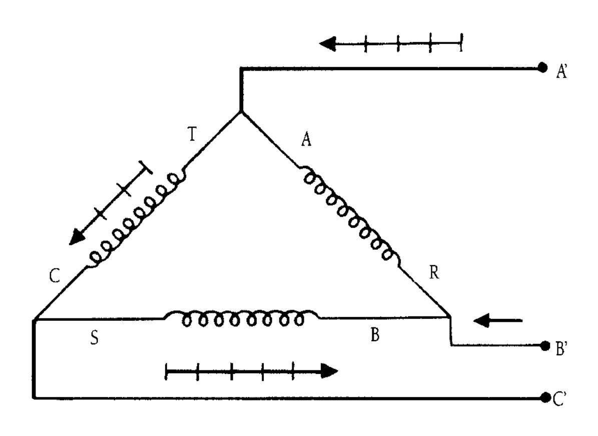


Figura 11.13.

En la figura 11.12 se podría haber conectado las bobinas de otra forma: el final de una corriente con el principio de la siguiente (R con B y S con C), y el extremo de la última con el principio de la primera (T con A). De este modo se formaría un anillo cerrado que esquemáticamente se puede representar por un triángulo, cuyos lados fuesen las bobinas de cada uno de los tres arrollamientos, tal como se hace en la figura 11.13. De cada uno de los enlaces de dos devanados saldrá uno de los tres terminales accesibles (A', B' y C'). Este tipo de conexión se denomina *en triángulo* y tiene también tres bornes exteriores. La explicación es la misma dada para el enlace en estrella, pero ahora deberá seguirse en la figura 11.13, donde están marcados a la vez los principios de cada bobina con las letras A, B y C y sus correspondientes extremos con las R, S y T. Se ha marcado con A', B' y C' los tres bornes de conexión exterior. Ya se ha explicado que la suma de las corrientes que circulan en el mismo sentido por dos devanados es igual a la que circula por el tercero, en sentido contrario.

Suponiendo que por los devanados A-R y B-S circulan dos corrientes en sentido directo, es decir desde A hacia R y desde B hacia S, en un momento determinado, por C-T circulará una corriente igual a la suma de las dos anteriores, pero en sentido contrario, desde T hacia C. Las dos primeras tienen un valor que se representa por la longitud de las flechas, y la tercera es igual a la suma de las dos, tal como indica también su flecha. Observando la figura resulta evidente que el total de las corrientes que "entran" por los bornes A' y B' es igual a la corriente que "sale" por C', no necesitándose por tanto ningún otro conductor de "vuelta".

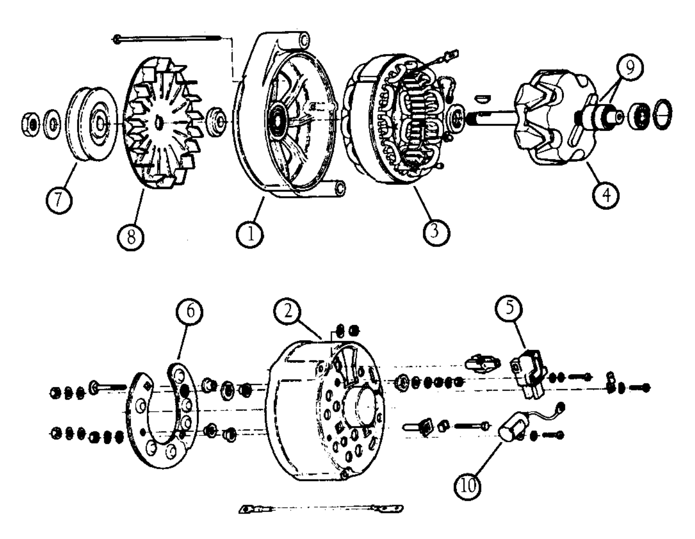


Figura 11.14.

Los distintos fabricantes adoptan para sus modelos una u otra conexión, en estrella o en triángulo, indistintamente y según las conveniencias de cada uno.

2.2.3. Descripción y funcionamiento del alternador

El alternador está formado básicamente por los siguientes elementos (Fig.11.14):

- La carcasa o envolvente formada por las piezas 1 y 2, que se sujetan entre sí por espárragos; dentro del cárter así formado y fijo a la carcasa va el inducido o estátor 3 constituido por un paquete de láminas de acero troqueladas en forma de corona circular; unas ranuras, situadas en el diámetro interior del mismo, sirven de alojamiento al arrollamiento del inducido. En el interior de la carcasa gira el rotor 4 cuyo eje se apoya en 1 y 2 mediante rodamiento de bolas o cojinete de agujas. Ambos apoyos suelen venir con un depósito de lubricante sellado, de modo

que no haya que ocuparse de su engrase.
- La tapa 2 lleva montado el portaescobillas 5, asegurando la unión eléctrica con el inducido o rotor; en ella también van montados los diodos rectificadores con su soporte refrigerador 6 y los bornes del alternador.
- La tapa 1, del lado de accionamiento, deja paso al eje del rotor para que en su extremo se monte la polea de arrastre 7 y el ventilador 8.
- El rotor 4, formado por una bobina única, montada entre dos colectores de flujo magnético o expansiones polares en forma de dientes, presenta una serie consecutiva de polos N y S. La alimentación de esta bobina se realiza a través de los dos anillos rozantes 9, a los cuales se encuentran soldados los extremos de la bobina. Todas las piezas se encuentran montadas sobre un eje formando un conjunto robusto y resistente a la acción de la fuerza centrífuga.
- El condensador 10.

Al ser accionado el alternador, mediante la polea de arrastre por la que recibe el giro desde el cigüeñal por una correa, el rotor va enfrentando sucesivamente los polos N y S de sus expansiones polares con los dientes del estátor, creando en los arrollamientos del mismo corrientes alternas inducidas.

El reforzamiento del campo magnético de las expansiones polares se lleva a cabo o bien alimentando la bobina del rotor desde la batería o bien, como en la mayoría de los alternadores hoy día, en los alternadores "autoexcitados", utilizando en la bobina inductora del rotor parte de la corriente generada por el mismo. En el primer caso, los polos del rotor no tienen magnetismo residual siendo de excitación externa y en el segundo sí, al ser de excitación interna, o, como se ha señalado, autoexcitado.

La corriente es monofásica o trifásica según la disposición y conexionado de los arrollamientos del inducido.

En la mayoría de los alternadores, la llave de contacto del vehículo cierra el circuito batería-bobina del rotor, ya sea a través del regulador o de la lámpara de control, con lo que se consigue que el alternador empiece a producir corriente inmediatamente después de efectuado el arranque. En algunos alternadores equipados con regulador electrónico y que no disponen de lámpara de control, no existe dicha conexión, siendo necesario efectuar un pequeño acelerón, después de realizado el arranque, para que el alternador cargue; en estos modelos, la bobina del rotor es alimentada durante las primeras vueltas del alternador con la corriente producida por el magnetismo remanente de las expansiones polares.

La corriente generada en el estátor, inicialmente alterna, se transforma en continua por medio de unos diodos de rectificación.

Con el fin de amortiguar y suavizar la tensión de salida, de valor pulsatorio más o menos acentuado, suele conectarse entre los bornes un *condensador*.

El ventilador, que gira acoplado al eje del rotor, produce una corriente de aire forzada a través del alternador, pasando por el soporte refrigerador donde están montados los diodos de rectificación. Esta corriente es muy importante para la duración de los diodos, ya que la temperatura elevada es uno de sus peores enemigos.

2.3. Ventajas del alternador respecto a la dinamo

Aunque expuestas a lo largo del texto, se expresan resumidas a continuación las principales ventajas del alternador respecto a la dinamo.

1ª. Posibilidad de cargar la batería con amplitud a todas las velocidades del motor, incluso en ralentí. Para las condiciones del tráfico moderno, esto es decisivo.

2ª. Para la misma potencia, menos peso. Las buenas dinamos, capaces de dar 30 amperios (en el sistema de 12 voltios), producen 50 a 55 vatios de potencia por kilogramo de peso. Los alternadores equivalentes dan de 100 a 140 vatios por kilogramo, o sea, que pesan la mitad o menos. Teniendo en cuenta los rectificadores y el regulador, el peso del equipo alternador es siempre de 35 a 40 por 100 menor que la dinamo. Para los mismos servicios, la batería puede ser más pequeña, ya que se recarga constantemente, más y mejor que con la dinamo, así que aquí hay otro ahorro de peso.

3ª. Supresión del disyuntor y del regulador de intensidad. Los únicos contactos que quedan son los del regulador de tensión, que con un transistor se hacen prácticamente indesgastables.

4ª. Supresión de las averías del colector. El frote sobre los anillos del rotor, en el alternador, es mucho más seguro y duradero, por que además se trata sólo de la corriente inductora.

5ª. Supresión de los arrollamientos giratorios con sus numerosas soldaduras en las delgas. La bobina del rotor es más pequeña y sólida. Inducido e inductor más robustos.

6ª. Plazo de mantenimiento muy largo, o ausencia del mismo.

En resumen: el alternador es más ligero, sencillo y seguro.

3. SEMICONDUCTORES

Definidos los semiconductores en el Cap. 10 como materiales de comportamiento intermedio entre los metales y los aislantes, dado su empleo es conveniente ampliar su conocimiento general.

En electrónica se aplica a unos determinados cuerpos con estructura cristalina, que son aislantes en estado puro y se convierten en débiles conductores por la incorporación de algunas partículas de otro cuerpo, siendo su empleo de la mayor importancia. Su conductibilidad eléctrica está determinada por dos diferentes portadores de carga: por electrones negativos y electrones positivos o "huecos". Mediante la introducción de mínimas cantidades de materias extrañas determinadas en el cristal del semiconductor, "adulteración", se puede variar su conductibilidad dentro de amplios límites. Un semiconductor adulterado tiene siempre uno de los dos portadores de carga en exceso, o bien de electrones, siendo un conductor tipo N (negativo), o bien con exceso de huecos, siendo un conductor tipo P (positivo).

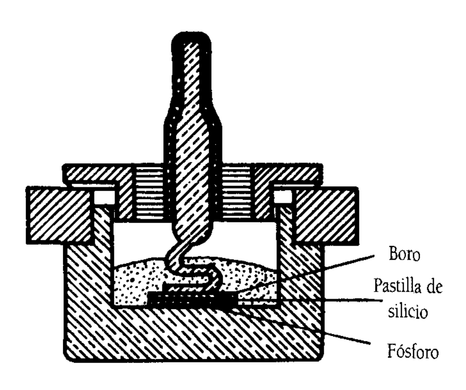


Figura 11.15.

El silicio conductor de tipo N se forma mediante la adulteración del cristal puro con materias como fósforo, arsenio y antimonio, donadores de electrones. El silicio conductor de tipo P, se forma por su adulteración con materias como el boro, aluminio, galio e iridio, receptores de electrones.

Juntando una muestra P con otra N, la unión ofrece la propiedad de hacerse buena conductora en un sentido (polaridad positiva aplicada a P y negativa a N), y estrictamente

aislante si se invierte la polaridad y se aplica positiva a N y negativa a P. Gracias a esa propiedad, se comprende que tal unión PN puede actuar como una válvula que deja pasar la corriente en un sentido y, prácticamente lo impide en el opuesto.

El silicio ocupa entre los semiconductores un puesto de preferencia, habiendo desplazado a los clásicos semiconductores: óxido de cobre, selenio y germanio. Los elementos semiconductores tienen indiscutibles ventajas: reducido tamaño, funcionamiento a tensión muy baja, son de gran seguridad, no necesitan mantenimiento y pueden fabricarse de modo racional.

3.1. Diodo de unión

En la Figura 11.15 se representa un diodo de unión. Está constituido por una pequeña cápsula o cubeta, que forma una de las polaridades, y de una pastilla de silicio (o pastilla

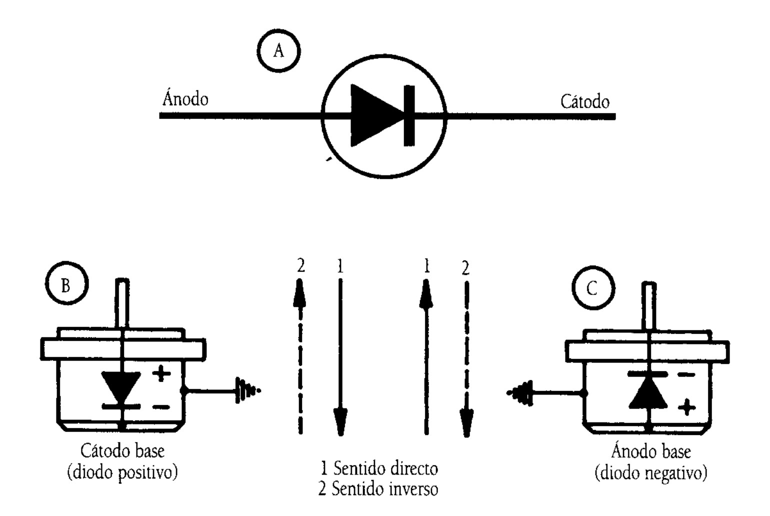


Figura 11.16.

metálica bañada en silicio) soldada por una parte a la cubeta y por otra a una conexión que forma la otra polaridad. La pastilla de silicio tiene una cara bañada por una difusión de fósforo y la otra de boro, formando así una zona con exceso de electrones (negativa) y otra con falta de electrones (positiva), dando lugar a una unión de tipo NP semiconductora.

Según la cara que se encuentre soldada a la cubeta, se obtiene un diodo de "cátodo base" (negativo a masa) o "ánodo base" (positivo a masa). Esquemáticamente se representa por el símbolo de la figura 11.16-A, representando en B de la misma figura un diodo cátodo base y en C un diodo ánodo base.

Un diodo deja pasar la corriente cuando se le conecta en sentido directo A (Fig.11.17), quedando abierto al conectarlo en sentido inverso B.

Las características eléctricas principales que definen a un diodo son:

- La corriente media admisible en sentido directo, que para los utilizados en los automóviles es del orden de los 15 a 20 amperios. (Circunstancia que fuerza a montarlo sobre un soporte refrigerador al objeto de que la temperatura no alcance valores peligrosos).
- La caída de tensión directa, que para la corriente indicada es del orden de 0,8 a 1,5 voltios, factor principal del calentamiento del diodo.

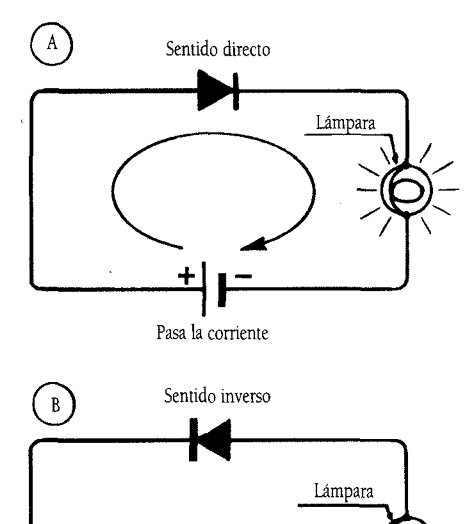


Figura 11.17.

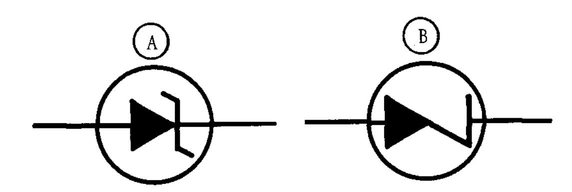


Figura 11.18.

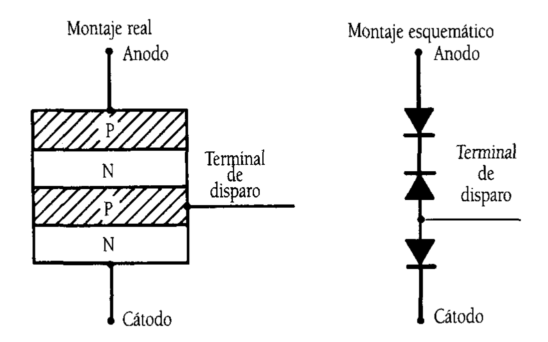


Figura 11.19.

- La tensión máxima inversa que puede soportar sin perforarse. Previstos para soportar una de 90 a 100 voltios, si es sobrepasada el diodo queda en cortocircuito (perforado).

3.2. Diodo Zener

Están formados por una unión de silicio en el que la "adulteración" es cuidadosamente estudiada, dosificada, con el fin de obtener el nivel de tensión deseada. Pueden proyectarse, según la función de conexión, para tensiones de penetración muy diversas, según los grados de adulteración de las zonas P o N. Se utilizan como limitadores de tensión para la protección de los transistores o para la regulación de la tensión en reguladores electrónicos.

Esquemáticamente se representa por el símbolo de la figura 11.18. Montados en sentido directo funcionan como un diodo normal; montados en sentido inverso sólo permiten el paso de la corriente cuando entre sus bornes se alcanza una determinada tensión (tensión Zener). Antes de alcanzar este valor, el diodo Zener no conduce; superado el mismo, aunque se incremente la tensión de la fuente de alimentación, la tensión en los bornes permanece constante.

3.3. Diodo controlado (Tiristor)

Es un semiconductor de silicio constituido por cuatro secciones superpuestas de los tipos P y N alternadas formando tres uniones PN. El conductor unido al extremo P constituye el ánodo y el unido al N el cátodo; a la sección P más cercana al cátodo se une un "terminal de disparo", que es quien realmente controla el tiristor (Fig.11.19).

El tiristor, montado en sentido inverso, de cátodo a ánodo,

no funciona, al igual que ocurre con el diodo normal. Para que conduzca en sentido directo, de ánodo a cátodo, es necesario establecer una corriente desde el terminal de disparo; una vez establecida la conducción en sentido directo, la corriente no se interrumpe aunque desaparezca la existente entre el terminal de disparo y el cátodo, en tanto no se anule la corriente entre ánodo y cátodo.

Esquemáticamente se representa por el símbolo de la figura 11.20.

En el campo de la electrónica de abastecimiento de energía, se utiliza frecuentemente el tiristor doble, denominado "Triac", cuyo símbolo es el de la figura 11.21.

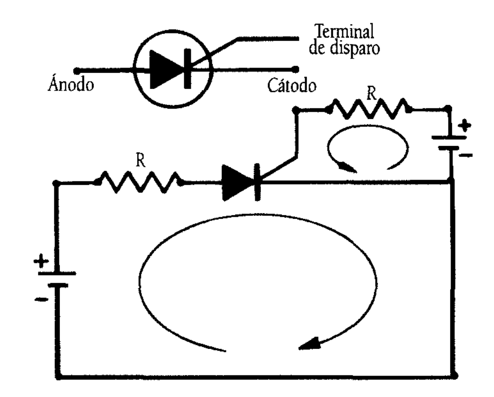


Figura 11.20.

3.4. Transistor

Es un elemento semiconductor que permite amplificar las corrientes normales, así como conectar y desconectar las corrientes fuertes. En la electrónica del automóvil se utiliza especialmente como interruptor electrónico.

Está constituido por tres secciones dispuestas en serie. Según la colocación de estas secciones se obtienen los transistores tipo PNP, dos secciones tipo P separadas por una tipo N, y tipo NPN, dos secciones N separadas por una P (Fig.11.22). Cada una de las zonas o secciones semiconductoras tiene un terminal denomina-

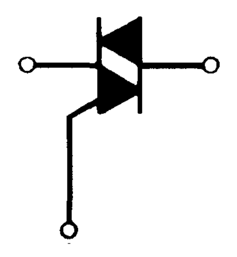


Figura 11.21.

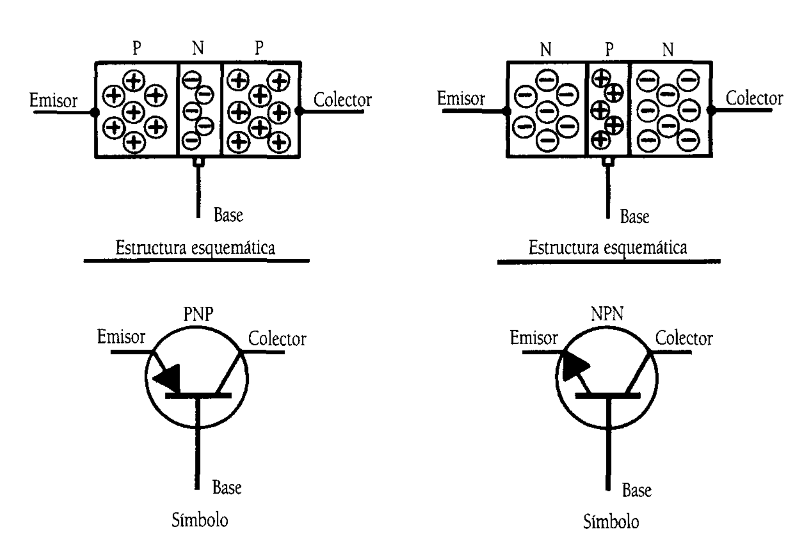


Figura 11.22.

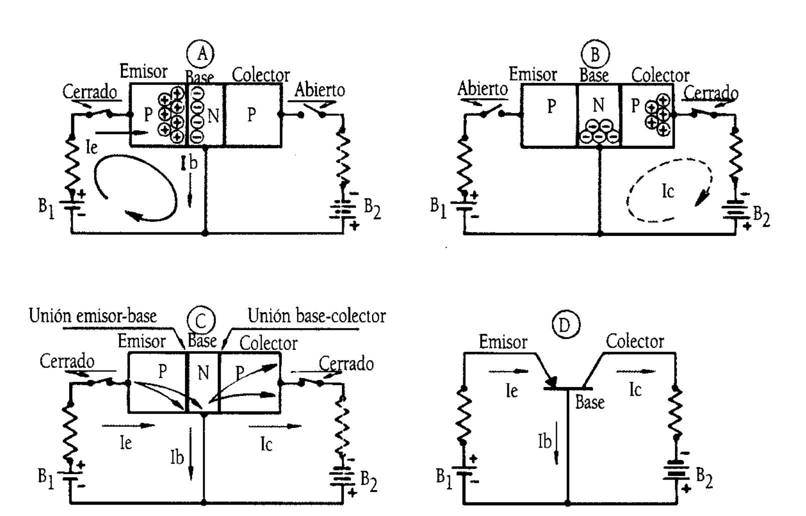


Figura 11.23.

do *base*, la central, y las dos extremas *emisor* y *colector.* La flecha dibujada sobre el emisor indica el sentido de la corriente de "cebado" del transistor, siendo de emisor a base en los de tipo PNP y de base a emisor en los NPN.

Al tratar el diodo de unión se expuso que la corriente pasa fácilmente de P hacia N y no pasa en sentido inverso. El transistor PNP se puede considerar como la unión de dos diodos PN y NP, los cuales se consideran separadamente primero y después simultáneamente (Fig.11.23).

El transistor de la figura se encuentra polarizado para funcionar como amplificador, es decir con el diodo emisor conectado en sentido directo y el diodo colector en sentido inverso. Considerando en primer lugar el diodo emisor-base puede comprobarse que la batería B1 le polariza en sentido directo y que al diodo base-colector, la batería B2, lo polariza en sentido inverso. Si se cierra en primer lugar el interruptor del emisor (esquema A) se establece una corriente a través del diodo PN, siendo entonces la corriente "Ie" igual a la de base "Ib". Si se abre el interruptor del emisor y se cierra el del colector (esquema B) sólo se observa una corriente "Ic" de muy poco valor (corriente inversa); ahora bien, si se cierran los dos interruptores (esquema C) se observa que la corriente del colector "Ic" aumenta considerablemente hasta el punto de llegar a ser casi igual a la corriente "Ie" del emisor. Este fenómeno es la clave del funcionamiento de los transistores. En el esquema D se representa el del transistor PNP tomando su símbolo como base de representación.

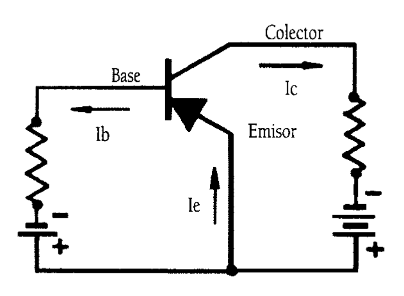


Figura 11.24.

El funcionamiento del transistor NPN es el mismo, sólo que hay que invertir las polaridades de las tensiones de alimentación.

El esquema de la figura 11.23 corresponde al montaje denominado de *base común*. Otro quizás más utilizado es el conocido como de *emisor común* (Fig.11.24).

La característica principal de un transistor es la amplificación, es decir, el poder controlar una corriente elevada en el colector "Ic", mediante la variación de una corriente mucho más débil en la base "Ib".

3.5. Termistor

Los termistores son resistencias semiconductoras variables con la temperatura, por tanto son apropiados para su medición, así como para la regulación electrónica. Existen termisto-

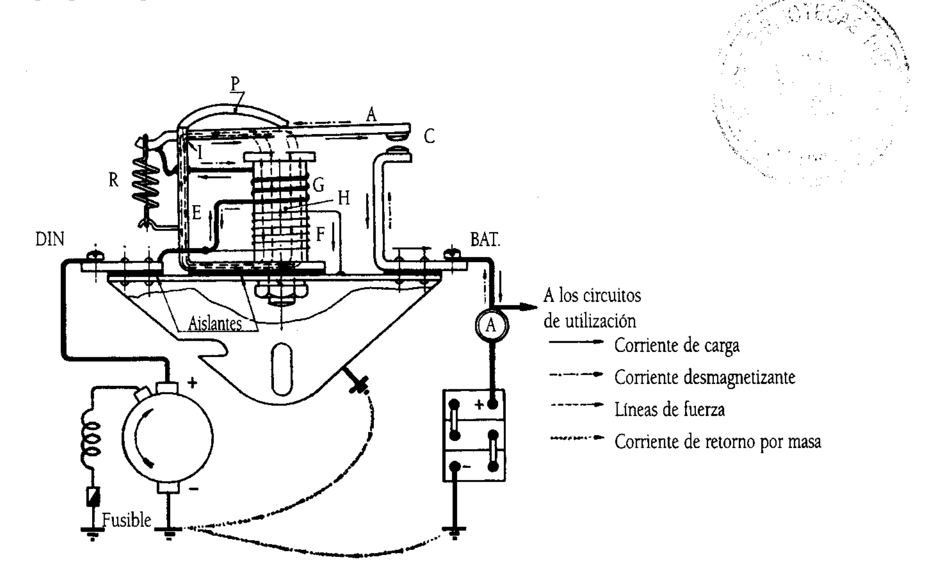


Figura 11.25.

res calientes que conducen la corriente eléctrica mejor en caliente que en frío, y termistores fríos que lo hacen a la inversa. Hasta una determinada temperatura la resistencia permanece prácticamente constante, para aumentar rápidamente con el aumento de la temperatura.

4. LIMITADORES Y REGULADORES

4.1. Disyuntor

La dinamo, que produce energía eléctrica, y la batería donde se almacena se enlazan como señala la figura 11.25, intercalando en el circuito de unión un amperímetro y un *disyuntor*. Este aparato tiene por objeto impedir que, cuando la dinamo está parada o gira despacio (motor parado o en ralentí), la corriente se vuelva desde la batería a la dinamo descargándose los acumuladores inútilmente. Es decir, deja pasar la corriente de la dinamo a la batería pero no al revés.

Consiste en una bobina con dos arrollamientos sobre el mismo núcleo de hierro H: uno de hilo grueso G en serie con el circuito dinamo-batería, por el que pasa toda la corriente,

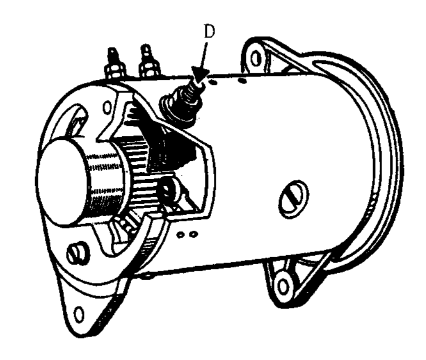


Figura 11.26.

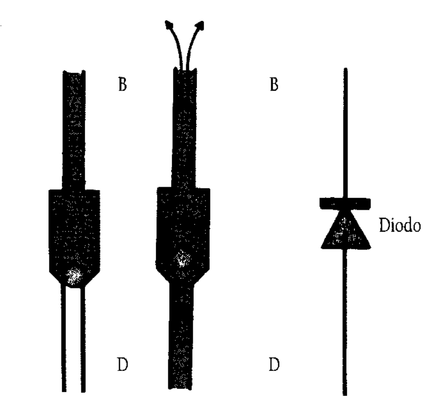


Figura 11.27.

y otro de muchas más vueltas e hilo fino F en paralelo con la dinamo; éste se activa a medida que sube la tensión en la dinamo, de modo que cuando es suficiente, la fuerza del electroimán (bobina activada) atrae la placa A y se juntan los contactos C, cerrando el circuito dinamo-batería por las espiras de hilo grueso de G. Si la dinamo gira despacio o se para, el electroimán pierde fuerza y el resorte R tira de A, separándose los contactos C, con lo que se corta el circuito dinamo-batería. La patilla P, que forma parte del soporte E, permite reglar la separación de los contactos. Los bornes DIN (dinamo) y BAT (batería) se encuentran aislados del conjunto, a ellos se conectan respectivamente los cables de llegada de la dinamo y de salida para la batería.

Al cerrarse los contactos, hecho que debe tener lugar cuando la dinamo produce una tensión superior a la de la batería, la corriente de carga recorre la bobina G sumando su campo a la de F. A mayor régimen de carga mayor será también la fuerza con la que es atraída la placa A, y por tanto mayor la fuerza entre los contactos C. Se obtiene por tanto una autorregulación de presión de cierre, de acuerdo con la intensidad, que permite reducir la caída de tensión en los mismos.

Si la dinamo baja de régimen y su tensión alcanza un valor inferior al de la batería, esta tenderá a descargarse a través de aquella, siendo recorrido el arrollamiento G por una corriente inversa a la de carga. El flujo magnético de G será inverso, contrarrestando al de F, que sigue formando un campo magnético de igual sentido. En estas condiciones el campo existente en el núcleo, que mantiene atraída la placa A, no será ni uno ni otro de los campos formados por las bobinas, sino la diferencia de los dos. Al seguir bajando de régimen la dinamo su tensión irá disminuyendo de valor; la diferencia de tensiones entre la batería y la dinamo se acrecentará, dando lugar a que la corriente de inversión vaya alcanzando mayores valores y siga aumentando el efecto desmagnetizante. Se llega entonces a un momento en que la fuerza del resorte R se hace superior a la fuerza F del campo magnético, en cuyo instante se abren los contactos.

Lo usual es que el disyuntor descrito vaya incorporado al regulador de tensión de la dinamo.

Una aplicación del diodo de silicio en las instalaciones CC con dinamo es la de sustituir al disyuntor ya que deja pasar la corriente en el sentido dinamo-batería, pero no en el contrario, impidiendo que ésta se descargue sobre aquélla. Así ha sido empleado en algunas dinamos Bosch, sobre las que va el diodo provisto de aletas metálicas para su refrigeración por la corriente de aire que entra a ventilar la dinamo (Fig.11.26).

Volviendo a la analogía hidráulica, un diodo o un disyuntor podría quedar representado por una válvula de bola (Fig.11.27) que deja pasar el agua en un sentido, de D a B, pero no en el contrario.

4.2. Regulador

La tensión e intensidad producida por un generador son valores que varían en función de su velocidad de rotación y por tanto de la del motor de explosión o Diesel que lo arrastra. La electricidad necesaria para el encendido, alumbrado, carga de la batería y demás aparatos eléctricos del automóvil es suministrada por el generador, que ha de proporcionar una tensión aproximadamente constante sea cual fuere la velocidad de arrastre del motor. Por otro lado, el consumo de corriente experimenta grandes alteraciones en función de los elementos en servicio. Pues bien: aun teniendo en cuenta estas amplias variaciones de revoluciones y consumo, y añadiendo el inconveniente de que no se necesita más corriente cuando el generador gira más deprisa, se le sigue exigiendo una tensión prácticamente constante. Para cumplir estos requisitos se recurre a la utilización del *regulador,* que mantiene constante su tensión sean cuales fueren las condiciones de funcionamiento y utilización.

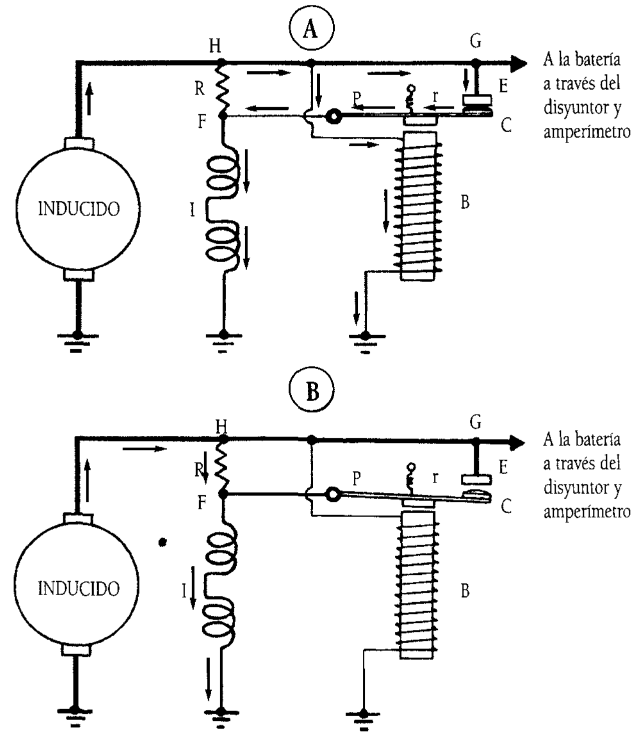


Figura 11.28.

4.2.1. La regulación en las dinamos

Desechada la regulación de la dinamo por escobilla auxiliar o tercera escobilla, dados sus numerosos inconvenientes, se recurrió a la dinamo de dos escobillas con regulador que permite una carga más racional de los acumuladores.

Un *regulador de tensión de simple efecto*, puede estar constituido de la siguiente manera (Fig.11.28): en serie con los inductores I, se conecta una resistencia fija R que al estar intercalada en el circuito inductor disminuye la excitación de la dinamo, teniendo una acción directa sobre su tensión de carga. Para conectar y desconectar automáticamente esta resistencia en el campo inductor, cuando las necesidades lo requieran, se conecta en paralelo con la dinamo un electroimán B que tiende a tirar de una armadura P, portadora de un contac-

to C. La armadura P se encuentra en conexión eléctrica en F entre la resistencia de regulación R y los inductores I. El contacto C apoya sobre otro E, con conexión en G sobre el cable de carga. Normalmente los contactos E y C están pegados por acción del resorte "r", que se opone a la acción del electroimán; en el esquema A, se muestra el sentido de la corriente en sus diversos circuitos cuando permanecen cerrados los contactos del regulador.

La tirantez de "r" es regulable y por él se determina el voltaje para el cual el electroimán será capaz de atraer la armadura, venciendo la atracción de éste y abriendo los contactos. Variando la tirantez del resorte "r", se puede variar también la tensión de apertura de los contactos. Cuando éstos se encuentran unidos, la resistencia R quedará fuera de acción (cortocircuitada), pues la corriente de excitación tiene más fácil paso por G, contactos E y C, armadura P y conexión F; en esta posición de los contactos se obtiene la máxima excitación de la dinamo.

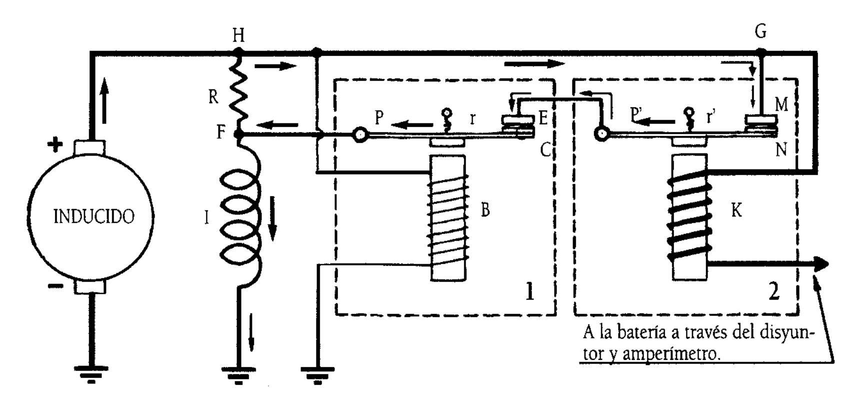


Figura 11.29.

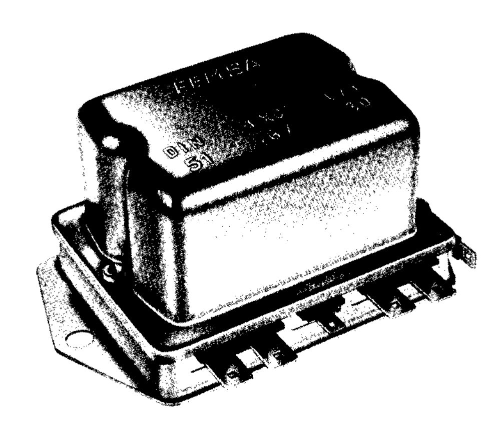


Figura 11.30.

Cuando aumenta el voltaje y por tanto la corriente de carga sería excesiva para el acumulador, la armadura es atraída venciendo la tensión de "r" y se separan los contactos; la resistencia queda incorporada al circuito inductor y la corriente de excitación es forzada a atravesarla, como se representa en el esquema B. Al disminuir la corriente de excitación, baja la tensión de la dinamo y disminuye la corriente que atraviesa al electroimán B, momento en que la acción del resorte "r" fuerza nuevamente a cerrarse los contactos y cortocircuitar la resistencia R, repitiéndose el ciclo.

Una dinamo acoplada con tal sistema de regulación producirá una tensión estable cuyo valor será independiente, dentro de una cierta medida, del estado de carga de la batería. Es necesario obtener una alta frecuencia de vibración de las armaduras.

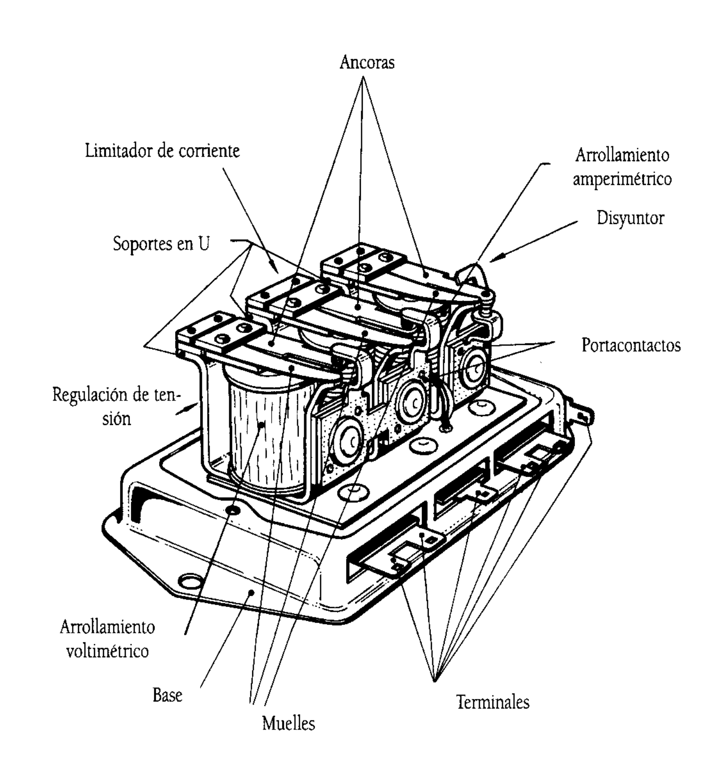


Figura 11.31.

El regulador expuesto no es suficiente ante una batería descargada y en la que su tensión ha caído. Si se conecta a un dispositivo como el expuesto, se observará una intensidad demasiado elevada que elevará la temperatura de la dinamo con peligro de quemarse. Esto puede evitarse mediante los reguladores de tensión de *simple efecto con arrollamiento compensador* y los de *doble efecto con arrollamiento compensador*. Utilizado el sistema durante mucho tiempo con buen resultado, el creciente uso de la electricidad en los automóviles, que obliga a gobernar amperajes (intensidades) cada vez mayores, llevó a la creación del *regulador de voltaje e intensidad*, de tres cuerpos.

Posee un elemento regulador de la tensión 1 (Fig.11.29), de simple o doble efecto. Este elemento regulador está constituido por la bobina B, en derivación, que puede intercalar o no sobre el circuito inductor la resistencia R de regulación. El arrollamiento compensador antes citado queda reemplazado con ventaja por el regulador de intensidad 2, constituido por un arrollamiento en serie K, recorrido por la corriente de carga. La diferencia respecto a los reguladores de tensión, estriba en que en estos este arrollamiento no va montado sobre el mismo núcleo de la bobina reguladora de tensión y no actúa por tanto sobre la misma armadura; el regulador de intensidad va montado sobre un núcleo aislado y actúa independientemente sobre otra armadura P´, que le permite así mismo conectar y desconectar la resistencia R de regulación sobre el circuito inductor.

Los contactos E-C del regulador de tensión y los M-N del de intensidad están conectados en serie, es decir que la co-rriente de excitación tiene que a-travesar ambos pa-ra alimentar a las inductoras. Cuan-do los dos pares de contactos es-tán cerrados, la corriente de excitación seguirá el circuito señalado con flechas en la figura y se obtendrá el máximo campo inductor; si uno cualquiera de los dos reguladores abre sus contactos, será in-tercalada la resistencia R de regulación sobre los inductores.

Estos dos elementos reguladores tienen funcionamiento independiente; el de tensión regula a través de su armadura vibrante la tensión máxima de funcionamiento, el de inten-

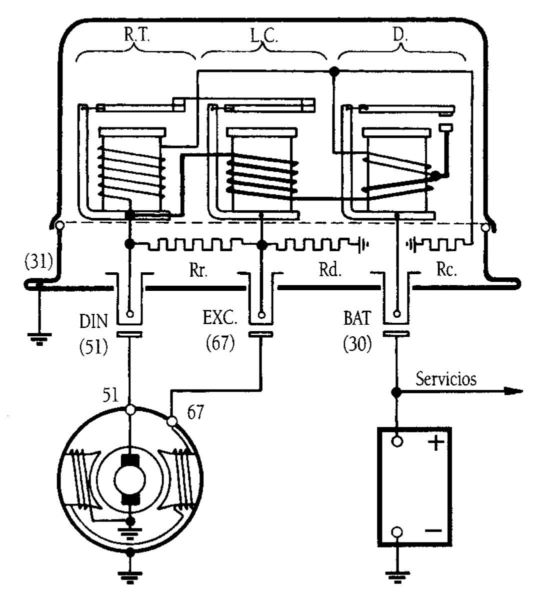


Figura 11.32.

sidad regula la máxima intensidad que puede facilitar la dinamo sin tener influencia sobre él la tensión. En realidad el regulador de intensidad ejerce la función de limitador más que de regulador, por lo que también se le llama *limitador de intensidad*.

La diferencia esencial de este regulador respecto al de tensión consiste en independizar la regulación de la tensión y la de la intensidad, permitiendo obtener, siempre que las necesidades lo requieran, la máxima intensidad de carga que puede proporcionar la dinamo, a la vez que el regulador de tensión regula la tensión máxima de funcionamiento.

El esquema expuesto es de un tipo simplificado; en realidad llevan generalmente dos resistencias de regulación, una de las cuales se intercala cuando actúa el regulador de tensión, y las dos juntas en paralelo cuando actúa el de intensidad. Así mismo llevan una o dos bobinas más por núcleo, con la misión de aumentar la frecuencia de vibración de las armaduras.

El tercer cuerpo del regulador está constituido por el disyuntor.

Los reguladores varían, en algunos casos sustancialmente, de un modelo a otro, por lo que su descripción no es objeto de este Manual al ser numerosas las marcas y, dentro de ellas, los modelos existentes.

Estos aparatos no necesitan ningún mantenimiento periódico.

En las figuras 11.30, 11.31 y 11.32, se muestran el aspecto exterior, principales ele-

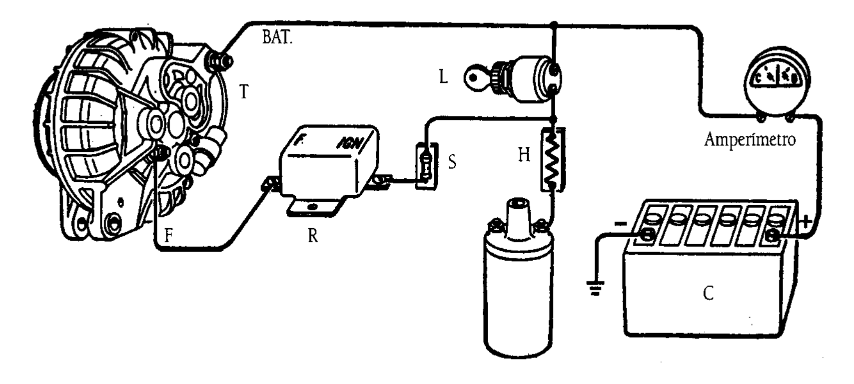


Figura 11.33.

mentos y esquema de un regulador electromecánico de voltaje e intensidad (FEMSA) tipo GRC.

El *reglaje* de los reguladores, puede efectuarse actuando sobre los resortes ya sean de muelle o de lámina. El conductor del vehículo no debe tocar estos aparatos más que en caso de emergencia; si la dinamo tarda en cargar o no carga, o la batería se descarga, lo más conveniente es llevar el vehículo a un especialista. El ajuste de los contactos a la separación adecuada se efectúa con los tornillos de regulación y la limpieza de los contactos se hace del mismo modo que para los del ruptor del encendido, según se explica más adelante.

Los resortes de láminas están formados por dos láminas delgadas, una de níquel y otra de latón, cuya dilatación por efecto de la temperatura es distinta; cuando la temperatura sube la placa se encorva como si se hubiera actuado sobre la tensión del resorte.

4.2.2. La regulación en los alternadores

Las diferencias más acusadas de los reguladores de alternador respecto a los de dinamos son:

- Ausencia del disyuntor: los diodos de rectificación del alternador cumplen esta misión al no dejar, prácticamente, que la corriente circule en sentido contrario batería-estátor.
- Ausencia del regulador o limitador de intensidad: el aumento de frecuencia de las fuerzas electromotrices generadas, cuyo valor está en relación directa con la velocidad, aumenta la resistencia aparente de los arrollamientos del estátor, produciendo una limitación de intensidad muy eficaz.

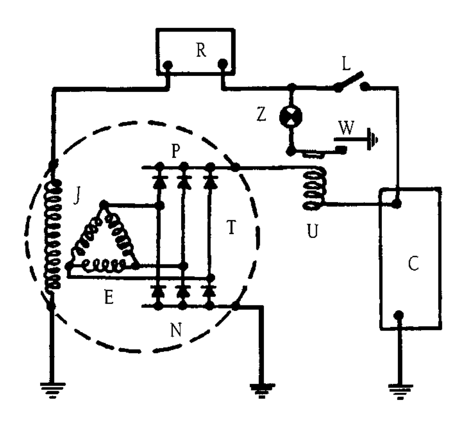


Figura 11.34.

Ahora bien, es necesario evitar que la corriente de la batería se descargue sobre el alternador, misión del disyuntor en los vehículos equipados con dinamo, mediante un interruptor que desconecte el rotor de la batería cuando el motor se pare. Generalmente se acciona a la vez que el del encendido, con la misma llave L de contacto, como se ve en la figura 11.33 que representa el esquema de la instalación de CA en todas las marcas del grupo Chrysler: el alternador T se une a la batería C a través del amperímetro; con la misma llave L con que se cierra o corta el circuito H del encendido, se acciona (casi siempre con contactos en L independientes de los de A) el circuito inductor en el rotor, pasando por el regulador de voltaje R y por un fusible S. El regulador de voltaje sólo lleva la bobina y contactos vibrantes de un regulador de tensión de los ya explicados (Fig.11.28).

En resumen: en un circuito de CA no es necesario un disyuntor que corte el circuito de carga; en cambio se dispone de un interruptor para el circuito de excitación del rotor. No es necesario el regulador vibratorio de intensidad, pero sí se usa el de voltaje.

Equipo Ducellier. El estátor en vez de tener los arrollamientos para las tres fases acoplados en estrella, como es lo corriente, puede tenerlos en triángulo E (Fig.11.34, que representa el esquema del equipo francés Ducellier). El efecto es análogo y son aplicables los

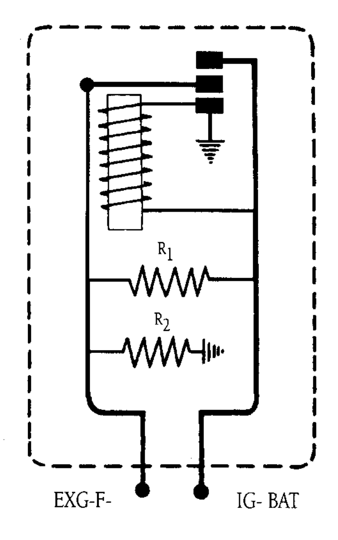


Figura 11.35.

razonamientos de rectificación expuestos. En triángulo también está el equipo Prestolite, de la marca Auto-Lite, que se explicará en la figura 11.36.

En el Ducellier (Fig.11.34) hay un regulador de voltaje R de tres contactos y el interruptor L, que al parar el motor aísla la batería C del rotor J. Al accionar la llave del encendido el interruptor L deja pasar la corriente a J y también a Z (testigo de carga) que se enciende, volviendo por los contactos W y masa a la batería C. Cuando el voltaje en E es mayor que el de C, los diodos positivos P dejan pasar la corriente de carga que al recorrer U en su camino a la batería atrae su armadura y abre los contactos W, con lo que se apaga Z. Si durante la marcha se encendiese Z, sería aviso de que la batería no recibe carga. El contacto W no es vibrante; suele encerrarse dentro de la caja del regulador R, de modo que éste aparece con un cuerpo más.

Un esquema que reproduce la organización interna del regulador propiamente dicho aparece en la figu-

Figura 11.36.

ra 11.35. Se aprecian los tres contactos (dos etapas), y la resistencia R1 es la que interviene en la regulación. La resistencia R2 es de protección, que aparece normalmente en los equipos de corriente alterna y cuya misión es dar paso a las extracorrientes de ruptura (la corriente, por inercia, tiende a seguir pasando aun después de los contactos, lo que origina una "acumulación", al no poder circular, que eleva la tensión y origina las chispas que aparecen en los referidos contactos), impidiendo que se eleve la tensión inadecuadamente. Se verá este tema de nuevo, con más detenimiento, al hablar del Encendido.

Equipo Prestolite. En la figura 11.36 se expone una instalación CA con el regulador R detallado. El alternador T tiene los arrollamientos del estátor E dispuestos en triángulo. La corriente ya rectificada por los seis diodos sale por el borne "a", y la contínua para el inductor J (rotor) llega por el borne "f". Aunque los diodos cortan prácticamente la posible corriente de batería a estátor, en bastantes instalaciones se pone un interruptor automático en el circuito estátor-batería, que libera a los diodos de quedar sometidos a un voltaje en sentido contrario y previene los efectos que tendría una inversión de polaridad en la batería por un descuido al cambiarla. Ese interruptor se instala en G, dentro de la caja del regulador R, siendo D el regulador de voltaje de doble efecto. L es la llave de encendido, Z la lámpara testigo de carga y B, I, F y A los cuatro bornes de la caja R, que se unen a la batería C y alternador T en la forma que muestra la figura.

La bobina D del regulador de voltaje tiene los contactos P, V y Q vibratorios. Los M, U y N del interruptor G no son vibratorios sino de abrir o cerrar el circuito. En reposo el interruptor G está abierto porque los contactos U y M están juntos; no hay enlace directo del alternador T a batería C. La corriente de la batería sigue el camino B-L-I-K donde se bifurca: por K-X-M-U-A-P-V (en reposo P y V están juntos) a F y arrollamiento inductor; la resistencia es grande a causa del trozo de bobina K-X; pero esa pequeña corriente es bastante para reforzar el magnetismo remanente del rotor. Si con el contacto L cerrado se para el motor (por que se "cala", por ejemplo), ese es el camino de la corriente para los inductores, que no ofrece peligro de descarga rápida para la batería. (Entre L y A se deriva parte de la corriente a encender la lámpara Z, advirtiendo de que no hay carga). El otro camino desde K es por Y a masa, con lo que los dos circuitos K-X y K-Y dan flujos opuestos y G no tendrá fuerza para atraer la plaquita y romper el contacto M-U.

Si el motor arranca y se acelera, sube la tensión en el alternador y llega a la bobina por U-M-X-K-Y a masa. En el tercio XK se opone al de la batería; en el KY se suma, así que éste tiene enseguida fuerza para atraer la plaquita, separar M de U y, en cambio, juntar U con N estableciendo el circuito directo en raya gruesa de alternador a batería. Para el rotor la corriente va desde A por P-V (o R1) a F.

Volviendo a la posición de reposo (M y U juntos) si por inadvertencia se invirtió la polaridad de la batería C, la circulación de la corriente se invierte en todos los circuitos y, en particular, en los dos trozos KX y KY del interruptor G. Al arrancar la tensión del alternador, que no varía de sentido, ya no se opone, sino que se suma en el trozo XK, así que, aunque en el KY llegue a anular a la batería, la acción de XK mantendrá unidos M y U. No hay posibilidad de poner en serie a T con C, que sería peligroso para los diodos. La resistencia R3 en derivación sobre la parte KY tiene por objeto equilibrar los circuitos.

El regulador de voltaje D es el ya conocido. La resistencia R1 que enlaza los bornes A y F del regulador es la resistencia de reglaje propiamente dicha, pues es cortocircuitada por el contacto VP, que normalmente está cerrado. Al crecer la tensión, la fuerza de D atrae y hace vibrar la plaquita V metiendo R1 intermitentemente en el circuito inductor. A mayores tensiones, la fuerte atracción de D hace tocar V con Q poniendo el arrollamiento del

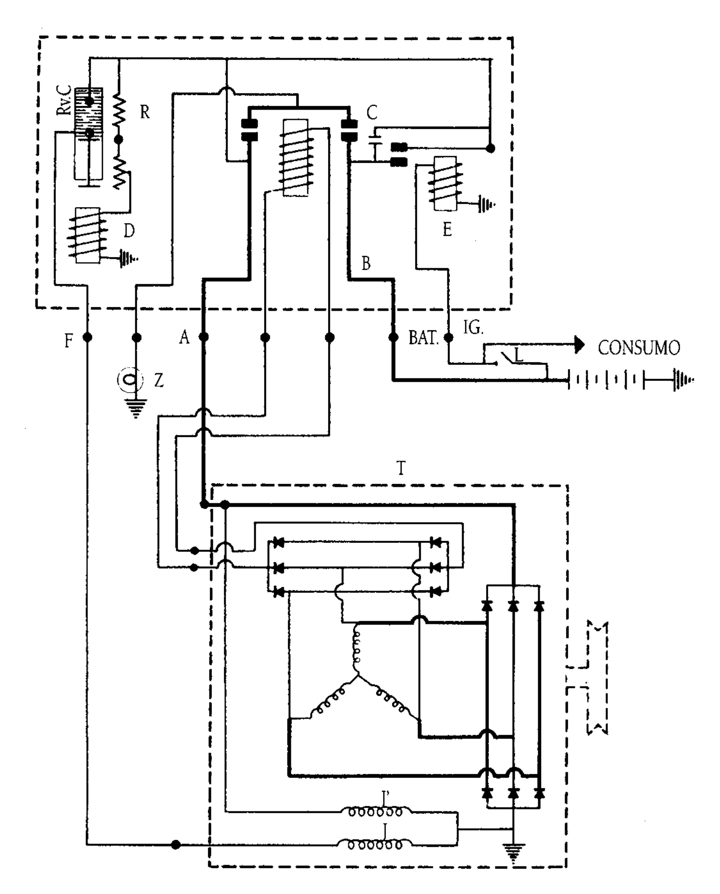


Figura 11.37.

rotor por breves instantes en cortocircuito (sin corriente inductora). En cuanto a la resistencia R2 en derivación o paralelo con el inductor, es un circuito de descarga necesario para el buen funcionamiento cuando V y P se separan.

La lámpara testigo Z puede montarse como en la figura 11.34 con mando por relé.

En los equipos de alto consumo para autobuses y camiones especiales, puede ir un "limitador de corriente" que en esencia es un regulador vibratorio de intensidad, como los explicados para las dinamos.

Finalmente mencionaremos un sistema que, sin recurrir a la electrónica, prescinde de los contactos vibrantes de la regulación Tirril clásica. Ha sido puesto a punto por *Delco-Remy* y utiliza un viejo principio usado ampliamente, hace años, en radiotelefonía. Un esquema simplificado del mismo puede verse en la figura 11.37.

Como elemento regulador se utiliza una resistencia de carbón en polvo. Éste puede (como en los micrófonos de carbón) estar más o menos comprimido dentro de su recipiente por la acción combinada de un resorte y un electroimán. El primero tiende a apelmazar el carbón disminuyendo su resistencia al mejorar el contacto entre las partículas (polvo), mientras que el segundo contrarresta la acción del muelle rebajando la presión, por lo que aumenta la resistencia. De la corriente de carga del alternador se deriva una parte que, a través del reostato R, alimenta el electroimán D. Éste incrementa así sus efectos al aumentar la tensión de aquella, aumentando la resistencia variable del carbón Rv C, que está intercalada en el circuito de excitación. La tensión se rebaja de nuevo de esta forma reduciéndose los efectos del electroimán y disminuyendo con ello el valor de Rv C. El proceso continúa mantenien-do así la tensión estable.

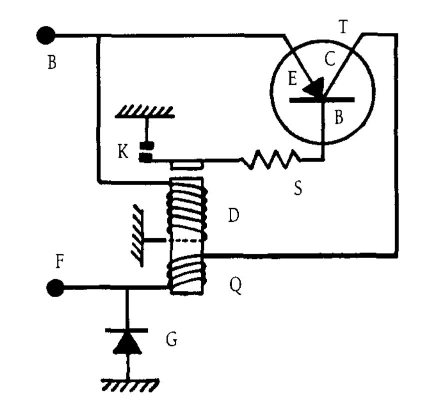


Figura 11.38.

El sistema incluye un contactor-disyuntor para la corriente de carga G que tiene la particularidad de que su electroimán se activa por *una derivación especial* desde el inducido del alternador T. Esta derivación tiene, como puede verse en la figura, su propio sistema de rectificación independiente del general. Un relé E cierra los contactos que permiten la excitación inicial del rotor con la co-rriente de la batería que llega por B, cuando se cierra el interruptor de encendido L. Un condensador C protege simultáneamente a los contactos de relé y del contactor-disyuntor, absorbiendo al cargarse las extracorrientes de ruptura (mencionadas anteriormente y en las que hay que hacer hincapié al tratar del Encendido).

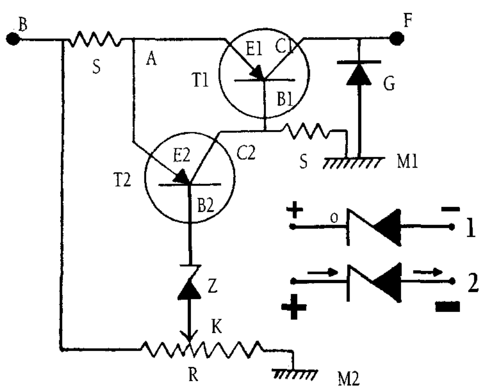


Figura 11.39.

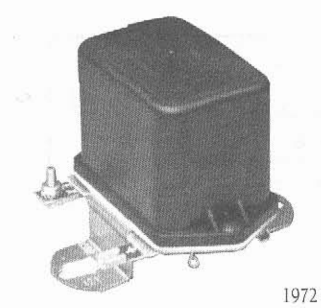
Otra característica singular de este sistema es la utilización de dos devanados de inducción en el rotor. Sus efectos son contrapuestos; uno de ellos está conectado directamente a una derivación de la corriente de carga (inducido), mientras que el otro pasa a través del regulador por la resistencia variable Rv C.

La bombilla testigo de carga Z funciona también al revés de lo usual, permaneciendo encendida una vez que el alternador está excitado y la carga se realiza normalmente, apagándose con la apertura del contactor-disyuntor.

El reostato R permite, con máxima facilidad, ajustar la tensión del alternador.

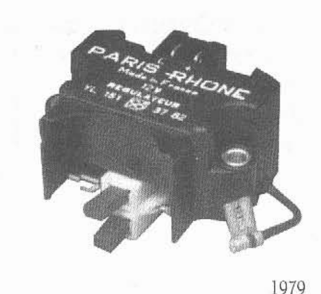
El esquema real para un *regulador transistorizado*, que podría ser colocado en R (Fig.11.34), se detalla en la figura 11.38: el transistor T se monta con el emisor E unido al enlace alternador-batería (borne B), y el colector C al borne F del circuito inductor. La acción de la bobina en derivación D corta y restablece la débil corriente (del orden de una a tres décimas de amperio) del circuito emisor-base E-B con su resistencia S y contactos vibratorios K. La corriente principal para la bobina inductora en el alternador pasa por el circuito emisor-colector E-C, pero ya sin cortes mecánicos. Las espiras Q, recorridas por la corriente pulsatoria del inductor, facilitan la vibración de K. Por último el diodo de descarga G se inserta para protección del transistor.

El verdadero *regulador por transistor* o *regulador electrónico* (Fig.11.39) carece de vibrador mecánico, por lo que su duración es prácticamente ilimitada sin averías. Consta de dos transistores T1 y T2, un diodo Zener Z y un diodo de descarga G, cuya función es proteger a los transistores lo mismo que en la figura anterior. El borne B se enlaza al circuito alternador-batería; por el F sale la corriente para la bobina inductora giratoria dentro del



1972

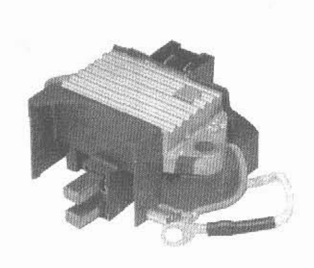
Figura 11.40.



1979

Figura 11.41.

alternador, corriente que llega desde B por el circuito E1-C1 del primer transistor que hace de llave de paso. Esta llave se abre cuando la corriente puede seguir el camino emisor-base E1-B1, a masa M1, y se cierra si no pasa corriente por B1. La base B1 puede ser cortocircuitada, o sea, dejada fuera de acción, si la corriente que viene de B toma el camino A-E2-C2-M1. Para esto es preciso que la tensión en B suba por encima de la de "salto" de Z. En este caso la corriente pasa por A-E2-B2-Z-M2 y pasa también por A-E2-C2-M1. Con ello B1 se queda cortocircuitado y no recibe corriente, y el circuito E1-C1 del inductor F queda cortado, la tensión en el alternador cae y vuelve a comenzar el ciclo; el diodo Zener sustituye a los contactos vibradores. La tensión de reglaje, o sea, la fijación de voltaje en B para el cual debe de "saltar" el diodo Z, se ajusta con la resistencia variable R (potenciómetro), adecuando la cuantía de la carga a las necesidades medias del vehículo. Las resistencias S y varios condensadores que no se han dibujado, para mayor claridad, tienen por objeto equilibrar los circuitos y ajustar sus características a los fines propuestos.



1981

Figura 11.42.



1985

Figura 11.43.



1989

Figura 11.44.

La evolución de los reguladores para alternador tanto en sus tecnologías y características como en su aspecto exterior, es continua. En las figuras 11.40 a 11.44 se exponen los de la marca Valeo:

- En 1972. Mecánicos y separados del alternador, de regulación poco precisa y tecnología de electroimán.
- En 1979. Electrónico, integrado en el alternador. De componentes sobre circuito impreso en fibra de vidrio. Conexión directa sobre el circuito impreso; ajuste de tensión por chorro de arena; cien soldaduras; poco fiable en vibraciones; necesita un gran radiador para el transistor; y bañado en una resina.
- En 1981. Electrónico, integrado en el alternador y de tecnología híbrida. Circuito impreso por substrato cerámico; mejor refrigeración al ir pegado al fondo del radiador; sesenta soldaduras y mucho más fiable.

- En 1985. Electrónico, integrado y hermético. Regulador integrado en el transistor; no necesita radiador; miniaturización extrema; diez soldaduras y fiable al cien por cien.
- En 1989. Electrónico, integrado y hermético. El mismo principio que el anterior adaptado a la norma TO3. Equipa a los alternadores de ventilación interna; gran calidad de regulación y buena compensación térmica.

4.3. Rectificador de corriente

La dificultad para el empleo del alternador estaba en el rectificador necesario para convertir su corriente alterna (CA) en corriente continua (CC), para alimentar la batería.

Los conjuntos rectificadores están compuestos básicamente por diodos de silicio. Como se vió en la figura 11.27, su funcionamiento se puede comparar al de una válvula que deja pasar a la corriente en un sentido y en el otro no. En función del extremo del diodo en contacto con el envase metálico que lo recubre y le sirve de sujeción al soporte rectificador, se clasifican en los tipos: "cátodo base" y "ánodo base" (Fig.11.15). Así se define también el sentido en que el diodo deja pasar la corriente. El número y conexionado de los diodos depende del tipo de alternador al que estén acoplados.

Alternador monofásico con un diodo. Sólo rectifica

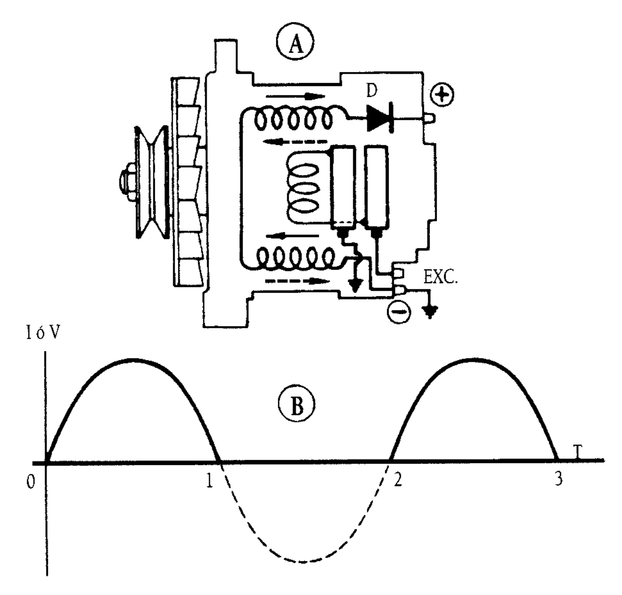


Figura 11.45.

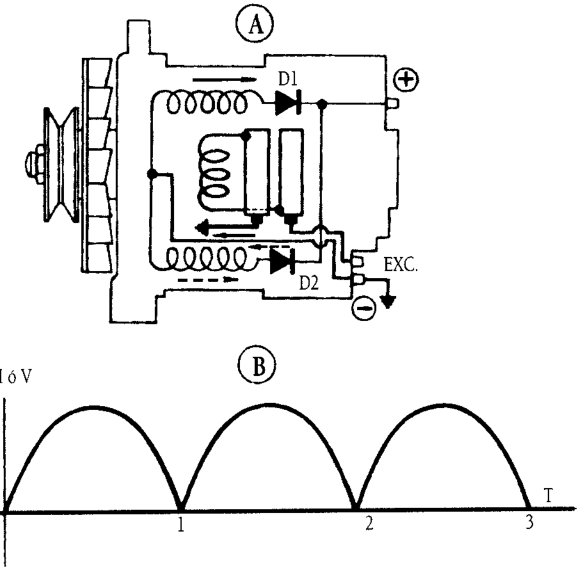


Figura 11.46.

una alternancia, medio período. Cuando la corriente generada en el estátor tiene el sentido de la semionda positiva (Fig. 11.45A, flecha de trazo continuo), atraviesa el diodo D, recorre los circuitos de utilización, batería y accesorios conectados y vuelve al alternador por el borne negativo. Esto tiene lugar mientras la corriente tiene el sentido de 0 a 1 de la sinusoide (B); cuando el sentido de la corriente se invierte, al pasar de 1 a 2, la fuerza electromotriz engendrada en el estátor tiene el sentido de la flecha discontinua (A), pero no puede engendrar corriente debido a que el diodo D lo impide. Este alternador sólo aprovecha las semiondas positivas de la corriente, por lo que se le denomina de "media onda".

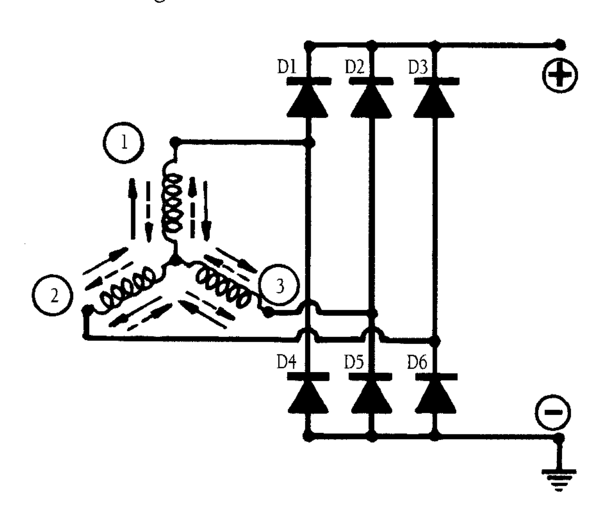


Figura 11.47.

Alternador monofásico con dos diodos y conexión central. Se comporta como dos monofásicos con un solo diodo. Cada diodo rectifica la corriente de medio devanado del estátor aprovechando las dos alternancias, por lo que se le denomina de "doble onda". Cuando la corriente generada en el estátor tiene el sentido de la semionda positiva (Fig. 11.46A, flecha de trazo continuo), atraviesa el diodo D1, recorre los circuitos de utilización y entra por el borne negativo y conexión central. Sólo ha entrado en funciones el devanado unido al diodo D1 (mitad del devanado del estátor) ya que el unido a D2 no ha podido engendrar corriente por impedírselo este diodo. Cuando se invierte el sentido de la corriente, flecha de trazos, sólo actúa el arrollamiento del estátor unido al diodo D2. La conexión central ha servido para rectificar las dos alternancias de la corriente; cada diodo rectifica una semionda de cada uno de los devanados, obteniéndose una corriente pulsatoria de la forma indicada en B.

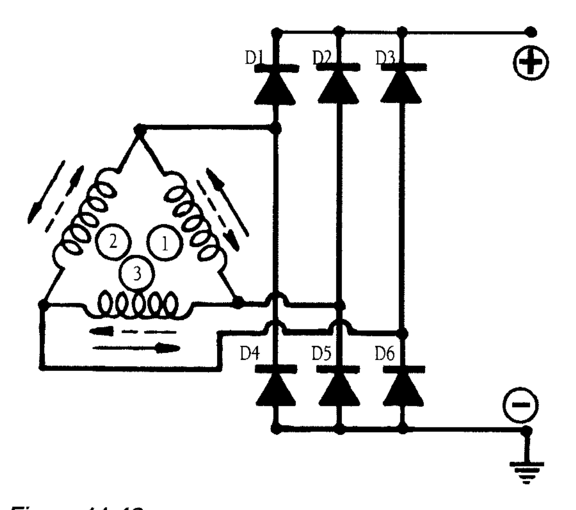


Figura 11.48.

Alternador monofásico con cuatro diodos. Montaje utilizado cuando no se saca conexión central entre las bobinas del estátor, forzando a utilizar cuatro diodos para obtener un alternador de doble onda y corriente pulsatoria, como en el caso anterior.

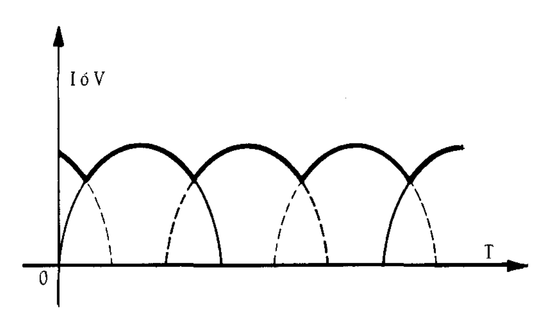


Figura 11.49.

En los alternadores trifásicos se montan seis diodos que modifican las tres fases en "onda completa", dando lugar a una corriente pulsatoria prácticamente continua; puede ser comparado a tres alternadores monofásicos que dan origen a tres corrientes alternas desfasadas entre ellas un tercio de periodo. El estátor está constituido por tres arrollamientos independientes que pueden conectarse entre sí en estrella o en triángulo.

Alternador trifásico en estrella. (Fig.11.47). Con esta conexión se obtiene más voltaje y menor intensidad de corriente. Los tres principios de arrollamiento se unen entre sí y los tres finales se conectan a los diodos rectificadores, o a la inversa. Cuando la corriente tiene el sentido de la semionda positiva en los arrollamientos 1 y 3, flechas de trazo continuo, el camino que recorre es: arrollamiento 1, arrollamiento 3, diodo D2, borne (+), circuito de utilización, borne (-), diodo D4, arrollamiento 1 y vuelve a repetirse el ciclo. Cuando en estos mismos arrollamientos la corriente tiene el sentido de la semionda negativa, flechas de trazo discontinuo, el camino es: arrollamiento 3, arrollamiento 1, diodo D1, borne (+), circuitos de utilización, borne (–), diodo D5, arrollamiento 3 y vuelve a repetirse el ciclo. Igual ocurre para los arrollamientos 1-2 y 2-3.

Alternador trifásico en triángulo. (Fig.11.48). Con esta conexión se obtiene menos voltaje y mayor intensidad de corriente. En este montaje se unen principio con final de cada arrollamiento. Cuando la corriente tiene el sentido de la semionda positiva en el arrollamiento 1, trazo continuo, el recorrido es: arrollamiento 1, diodo D1, borne (+), circuitos de utilización, borne (–), diodo D5, arrollamiento 1 y vuelve a repetirse el ciclo. Cuando en este mismo arrollamiento la corriente tiene el sentido de la semionda negativa, trazo discontinuo, el camino es: arrollamiento 1, diodo D2, borne (+), circuitos de utilización, borne (–), diodo D4, arrollamiento 1 y vuelve a repetirse el ciclo. Lo mismo ocurre en los arrollamientos 2 y 3. La forma de la corriente obtenida en un alternador trifásico después de pasar por el sistema de rectificación es la representada en la figura 11.49.

4.4. Condensador

(Ver "Encendido").

5. LA BATERIA DE ACUMULADORES

La corriente eléctrica del generador se produce cuando gira arrastrado por el motor térmico del vehículo, de modo que si está parado, o gira a bajas revoluciones, no genera electricidad y no podría hacerse funcionar el arranque eléctrico, o es insuficiente para alimen-

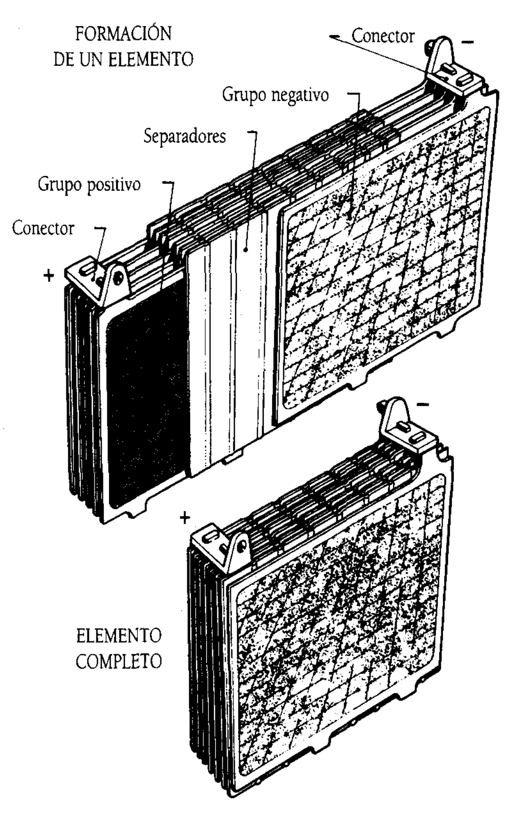


Figura 11.50.

tar a los diferentes servicios del sistema eléctrico del vehículo. Esta dificultad se resuelve haciendo que la corriente que produce el generador con el motor en marcha, deje su energía "almacenada" en unos recipientes llamados *acumuladores*, que, en realidad, es de donde se saca siempre, esté o no en marcha el motor del vehículo. La *batería de acumuladores*, normalmente denominada *batería,* constituye el corazón del sistema eléctrico.

5.1. Batería de plomo-ácido

Está constituida por un recipiente que contiene un conjunto de elementos sumergidos en el electrólito, que tienen la propiedad de almacenar energía química y devolverla en forma de energía eléctrica. Estas baterías son denominadas "reversibles", pues una vez transformada la energía química en eléctrica, pueden ser cargadas de nuevo con una corriente continua, haciéndola circular en sentido inverso. La electricidad se almacena en las celdas de la batería, como energía química o electricidad potencial, siendo su capacidad y su tensión los dos factores que la determinan.

Un acumulador de los usados en los automóviles está formado por un recipiente de material plástico resistente al ácido, en cuyo interior hay una serie de placas que dan lugar al grupo o bloque positivo (Fig.11.50), constituidas por una rejilla de plomo portadora de la materia activa positiva (bióxido de plomo) y enlazadas entre sí por un conector o puente; intercaladas entre ellas y formando el grupo o bloque positivo existen otra serie de placas constituidas por una rejilla de características similares a la positiva y portadoras de la materia activa negativa (plomo esponjoso) y enlazadas igualmente por un puente. Ambas series forman el elemento completo. Los dos puentes llevan los bornes que en la figura se marcan con los signos (+) y (-). Las placas que forman el grupo negativo, al que pertenecen las exteriores, son las placas negativas conexionadas al borne negativo del generador; intercaladas dentro de ellas van las positivas de las que habrá una menos.

Entre las placas positivas y negativas se colocan unos separadores generalmente dobles; pegando con las placas negativas se colocan unas láminas de plástico ranuradas en la cara de contacto para que pueda circular bien el ácido. En contacto con ambas caras de las placas positivas se ponen láminas de fibra de vidrio. Los separadores aíslan eléctricamente unas placas de otras; por su porosidad, ranuras o agujeros permiten circular el líquido y con su rigidez mantienen firme el bloque, formando todo él un sólido paquete.

El empaquetado que originan los separadores, conserva la materia activa antes citada, en las celdas.

El vaso está lleno, hasta un centímetro por encima de las placas y separadores, de un líquido llamado *electrólito*, compuesto de ácido sulfúrico (vitriolo) diluido en agua destilada (es decir, agua químicamente pura) en proporción aproximada de tres partes de ácido por ocho de agua (27% de ácido en volumen), con la densidad máxima admisible de 1,28. Al pasar la corriente eléctrica producida por el generador, que entra por el borne positivo, sigue desde las placas positivas a las negativas y sale por el borne negativo, se produce una reacción química entre el ácido y el plomo de las placas y se queda allí como almacenada la energía de la corriente. Cuando no hay corriente del generador que cargue el acumulador, éste invierte la reacción química, y al tener circuito por donde circular se produce una corriente eléctrica de descarga que es usada para el arranque eléctrico, alumbrado y, previa transformación, para producir chispas en las bujías.

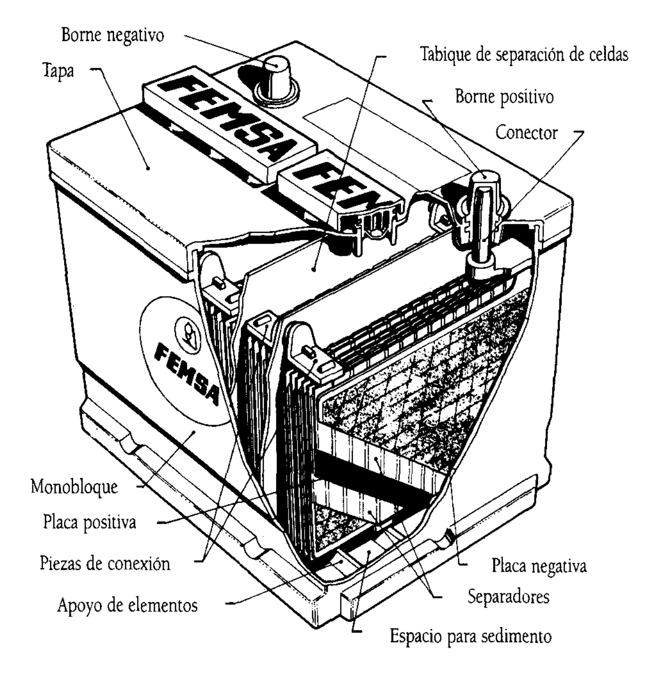


Figura 11.51.

Los acumuladores de plomo tienen la propiedad de almacenar la electricidad aproximadamente a dos voltios de tensión, un poco más cuando están muy cargados y algo menos cuando están casi descargados, y como este voltaje es muy bajo para las necesidades del automóvil, se agrupan varios elementos o vasos como los descritos, en serie, para que se sumen sus tensiones. Era corriente asociar tres elementos obteniéndose una tensión de seis voltios, y claro es que el generador del vehículo que los cargaba había de dar ese voltaje o poco más. Ahora se usa normalmente la agrupación de seis elementos o vasos en serie para conseguir la tensión de doce voltios. Precisamente por esta costumbre de agrupar varios vasos acumuladores es por lo que reciben el nombre de *batería de acumuladores*.

El tamaño o número de las placas y vasos no influye en el voltaje, sino que cuanto más grandes y numerosas sean, que viene a ser lo mismo pues lo que aumenta la capacidad es la superficie de las placas, más electricidad puede almacenar; esta *capacidad* se mide en *amperios-hora* (A-h). Una batería de 80 A-h quiere decir que puede suministrar una corriente de 80 amperios durante una hora, o una corriente de ocho amperios durante diez

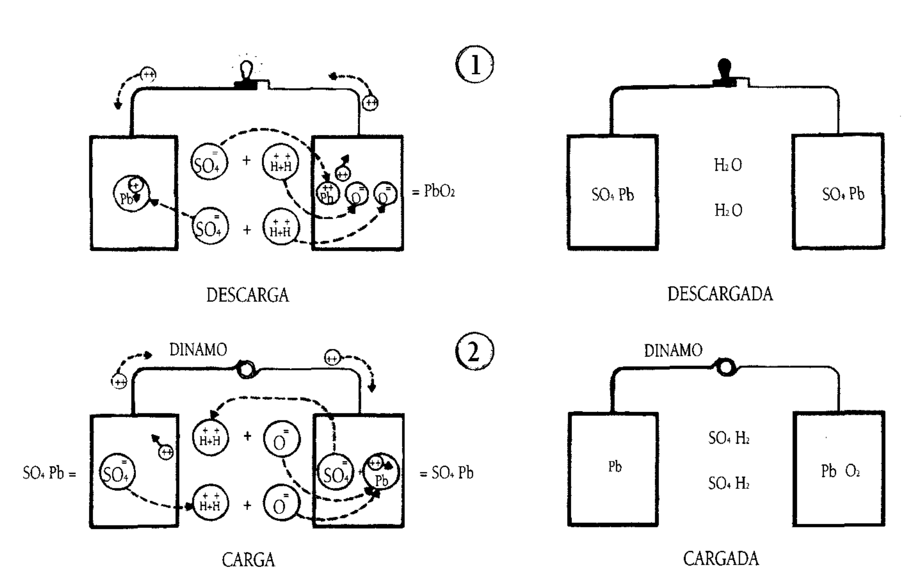
horas seguidas, etc. Esto es teóricamente; en la práctica la corriente de descarga no puede ser muy intensa o seguida porque se estropearían las placas, y lo mismo pasa con la corriente de carga. Por eso un cortocircuito en la batería, que produciría una corriente intensa de descarga, es desastrosa; y ha de tenerse mucho cuidado en no colocar sobre ella herramientas metálicas que puedan poner en cortocircuito sus bornes.

En la figura 11.51 se ve una batería de doce voltios parcialmente cortada para mostrar su interior.

El recipiente, monobloque, debe soportar altas temperaturas así como las vibraciones producidas por el vehículo; dispone de unos apoyos en los que descansan los pies de los elementos y entre los cuales se depositan los sedimentos.

La tapa, fabricada con el mismo material que el recipiente, cierra la batería y evita la pérdida de electrólito; las baterías actuales permiten montar una tapa única al realizarse la conexión de los elementos a través del tabique de separación de celdas. Dispone de unos orificios, uno por celda para salida de gases y la adición de agua destilada.

El puente o conector positivo que une las diversas placas de ese signo del primer elemento, cuyo interior se aprecia en la figura, está unido interiormente al negativo del inmediato siguiente como corresponde a la conexión en serie que se emplea, con objeto de sumar los voltajes de los seis que componen la batería. El puente positivo del primero y el negativo del último tienen unas terminaciones en el exterior llamadas *bornes*; el positivo se une al polo (+) del generador y el (-) a masa. También pueden unirse entre sí los polos negativos del generador y de la batería y los polos positivos unirlos a masa, disposición equivalente a la anterior y empleada en bastantes marcas de vehículos.



Esquema de funcionamiento de las baterías.

Figura 11.52.

5.1.1. Proceso químico en un acumulador de plomo

La energía eléctrica se obtiene por medio de la corriente eléctrica que consiste en el movimiento de pequeñas cantidades de electricidad denominadas "cargas eléctricas". Estas pueden ser de dos clases: positivas y negativas (+ y -), e importa poco si la corriente eléctrica es un movimiento de cargas que salen por el borne (+) del "depósito" o del generador y regresan a él por el borne (-), o si, contrariamente, son las cargas negativas las que lo abandonan por el borne (-) regresando por el (+).

Las mencionadas cargas eléctricas son también responsables de las uniones o enlaces en la materia. Así, en algunos cuerpos "compuestos" pueden, bajo determinadas influencias que rompan el "enlace" eléctrico, separarse en sus componentes llamados "iones". Estos últimos son partículas con carga eléctrica, pero de tal forma que el total de las cargas positivas es igual al de las negativas. De esta forma, cuando las mencionadas influencias dejan de actuar, las cargas se atraen entre sí, las de un signo con las de signo contrario, "enlazándose" nuevamente los iones para dar lugar a la partícula más pequeña del compuesto. Esta última se denomina "molécula" y resulta ser evidentemente "neutra", es decir, sin carga eléctrica, puesto que cada carga positiva se compensa con su correspondiente negativa. A continuación se explican dos ejemplos:

- El ácido sulfúrico, de fórmula química SO_4H_2, es un compuesto sin carga eléctrica o "neutro", pero la partícula más pequeña del mismo que conserva aún sus propiedades (molécula), podría bajo determinadas condiciones romper su enlace disociándose en sus iones y dar origen a tres: un ion SO_4 y dos iones H. El primero de ellos con dos cargas negativas y los dos segundos con una carga positiva cada uno. Todo esto se representa así:

$$SO_4H_2 = SO^{=}_4 + H^+ + H^+$$

Al disociarse se tienen por lo tanto tantas cargas de un signo como de otro, que anteriormente en la molécula se compensaban entre sí.

Aunque con anterioridad se decía que la disociación se producía bajo determinadas influencias o condiciones, realmente éstas se reducen al mínimo en el caso de los ácidos: por el mero hecho de estar estos diluidos en agua aparecen ya un cierto número de moléculas de los mismos disociadas en sus iones. Cada uno de estos posee carga eléctrica y es susceptible de moverse en el interior del líquido, es decir, de actuar como "portador" de carga.

- Análogamente al ejemplo anterior, si se tratara de la disociación de un compuesto como el bióxido de plomo (PbO_2), los iones obtenidos serían también tres: un ion Pb con cuatro cargas positivas y dos iones O, con dos cargas negativas cada uno. De la misma forma se puede escribir:

$$PbO_2 = Pb^{++++} + O^{=} + O^{=}$$

Los iones plomo (Pb) que aparecen aquí, no son nada más que partículas de metal plomo con cuatro cargas eléctricas que pueden perder con relativa facilidad. Sin embargo, la disociación del bióxido de plomo no es espontánea, como lo era en el caso del ácido sulfúrico diluido.

Volviendo al acumulador: constituido como se ha dicho, si se supone que en un momento determinado está cargado y se conecta a un circuito exterior (se enciende una bombilla por ejemplo), sucede lo que explica el detalle 1 de la figura 11.52 y que se describe a continuación: una parte del ácido sulfúrico (dos moléculas por ejemplo) se encuen-

tra disociado en sus iones (dos $SO^{=}_4$ y cuatro H^+). Los $SO^{=}_4$ tienen "avidez" por el plomo y desean enlazarse con él, pero para ello cada partícula de éste último ha de disponer de dos cargas positivas que neutralicen las del $SO^{=}_4$. Por su parte, los H^+ tienen también avidez por los $O^{=}$ y dos de los primeros reúnen las cargas necesarias para enlazarse con uno de estos.

En los huecos de las placas positivas existe bióxido de plomo (PbO_2) y en los de las negativas plomo esponjoso puro, metal plomo muy poroso y sin carga eléctrica. En estas condiciones, un ion $SO^{=}_4$ podría enlazar con una partícula de plomo esponjoso, siempre y cuando esta pudiese adquirir dos cargas eléctricas positivas para compensar las dos negativas de aquel. Por su parte, todos los iones H^+ (cuatro), acompañados del otro $SO^{=}_4$, y gracias a la avidez que se ha mencionado en el párrafo anterior, dirigen su ataque hacia una molécula de PbO_2 y consiguen romperla, separando sus iones en la forma que se ha visto más arriba. Los cuatro iones H^+ se combinan con los dos iones $O^{=}$ neutralizando sus cargas y enlazándose para formar dos moléculas de agua:

$$H^+ + H^+ + O^{=} + H^+ + H^+ + O^{=} = H_2O + H_2O$$

El ión $SO^{=}_4$ sobrante, que acompañó a los cuatro H^+, podría también enlazar con el ión Pb^{++++}, pero para poder hacerlo éste último ha de perder dos de sus cargas positivas, quedándose sólo con dos que neutralicen las del $SO^{=}_4$. Así, por una parte, al ion Pb^{++++} le sobran dos cargas positivas para poder enlazar con un $SO^{=}_4$, mientras que al plomo puro de la placa negativa le faltan dos de esas mismas cargas para poder hacer lo mismo con el otro $SO^{=}_4$. El problema queda solucionado al ceder el ion Pb^{++++} dos cargas, enviadas a través del circuito exterior al plomo poroso del borne negativo. De esta forma se realizan ambos enlaces para formar dos moléculas de sulfato de plomo neutro (SO_4Pb):

$$SO^{=}_4 + Pb^+ + SO^{=}_4 + Pb^+ = SO_4Pb + SO_4Pb$$

pero ha habido un movimiento de cargas (dos positivas), en el circuito exterior, desde el borne positivo al negativo. Este movimiento constituye la corriente eléctrica en el proceso de descarga.

Durante la descarga, ha aumentado la cantidad de agua, ha disminuido la de sulfúrico y se ha formado sulfato de plomo. Durante el proceso de carga todo sucede al revés, éste último compuesto se separa en sus iones "arrancando" el generador las dos cargas de los iones Pb^{++} de las placas negativas y enviándolos a los Pb^{++} de las positivas. De esta forma los primeros se convierten en metal plomo puro (Pb) sin carga eléctrica y que se encuentra en forma esponjosa. Mientras tanto los segundos iones Pb^{++} del borne positivo se convierten en iones Pb^{++++}, circulando dos cargas positivas, corriente eléctrica, en sentido contrario a como lo habían hecho anteriormente durante la descarga. Ver detalle 2 de la figura 11.52.

Se tienen así iones Pb^{++++} e iones $SO^{=}_4$. Los primeros están ávidos de iones $O^{=}$, mientras los segundos lo están de H^+, para formar los compuestos PbO_2 y SO_4H_2, respectivamente. Unos y otros consiguen realizar sus enlaces al disociarse en agua en sentido contrario a lo que se ha descrito anteriormente en el proceso de descarga. El bióxido de plomo, PbO_2, se deposita nuevamente en el borne positivo, donde se formaron los iones Pb^{++++}, y aumenta otra vez la cantidad de sulfúrico a la vez que disminuye la del agua.

Esta explicación esquemática ya indica algunas cosas interesantes:

1ª. La concentración de ácido en el electrolito es variable con el estado de carga de la batería; al descargarse se rebaja, al cargarse se recupera.

2ª. Si una batería se descarga muy a fondo, agotándola, es muy posible que, no habiendo bastante plomo esponjoso en las placas negativas, se forme el sulfato a costa del armazón que sostiene la "materia activa" (sulfatación de la batería), arruinándola.

3ª. Por el contrario, un exceso de carga, al seguir descomponiendo el agua del electrolito, hará que el hidrógeno liberado no contenga bastante sulfato con el que combinarse para recuperarse como ácido sulfúrico, y entonces saldrá en burbujas por los respiraderos de los vasos (peligro de explosión). A la vez, el oxígeno liberado, no encontrando ya bastante plomo del sulfato con quien combinarse, lo hará con el del armazón, oxidándolo, con lo que el enrejado de las placas positivas se hincha y estas se tuercen, esponjan y "se desmigajan".

5.1.2. Características de las baterías

Capacidad de la batería, es la cantidad de electricidad que es capaz de suministrar desde el estado de plena carga hasta que esté completamente descargada. Los factores de los que depende son:

- Dimensiones y número de placas por elemento, su separación y resistencia interna.
- Régimen de descarga.
- Temperatura y densidad del electrólito.

Las baterías vienen marcadas con unos datos que las definen, por ejemplo: 12V-44Ah-210A, que indican son doce voltios la tensión nominal de la batería; se puede descargar a un régimen de 4 A durante 11 horas o a 2 A durante 21 horas; y, el régimen de descarga máximo al que puede ser sometida la batería.

Descarga de arranque en frío, dado que el principal cometido de la batería es poner en marcha el motor térmico del vehículo por medio del motor de arranque. Esta característica es medida sometiéndola a una descarga en régimen rápido. La combinación del aumento a la resistencia al arranque que al aumentar la viscosidad del aceite ofrece el motor y la disminución de la capacidad de la batería producidas por el frío, aconsejan mantener las baterías completamente cargadas, en particular con bajas temperaturas.

Reserva de capacidad, dado que la batería debe proporcionar la energía eléctrica necesaria para mantener en funcionamiento el encendido y distintos servicios durante un determinado tiempo, supuesto que una avería impida su carga.

Con las baterías deben tenerse los siguientes cuidados:

- Mantenerlas bien limpias y secas.
- Debe mantenerse bien sujeta en su alojamiento, para evitar roturas por el traqueteo.
- Evitar cortocircuitos, no poniendo herramientas encima de la tapa, manteniendo los bornes perfectamente limpios y apretados y cuidando del buen aislamiento de toda la instalación eléctrica.
- Si el motor no arranca con facilidad, no descargar la batería inútilmente insistiendo en el uso del arranque eléctrico.
- Mantener limpios los orificios para salida de gases, para que puedan salir al exterior. No acercarles una llama, ni siquiera un cigarrillo encendido, porque el hidrógeno que se desprende es explosivo al combinarse con el oxígeno del aire.
- El ácido sulfúrico es altamente corrosivo, destruye las ropas y quema la piel; toda precaución en su manejo es poca. Todo lo que se refiera al electrólito debe de hacerse en un taller.

- Los cables de la batería deben quitarse en un orden determinado, primero el terminal que va a masa, sea positivo o negativo, y después el otro.
- Los cables de la batería deben ponerse en un orden determinado, primero el terminal del cable aislado, sea positivo o negativo, y después el de masa.
- Los terminales que estén duros deben quitarse con un extractor, nunca apalancando con un destornillador que podría romper la tapa. Tampoco deben golpearse para que entren en los bornes.
- Antes de conectar la batería en el vehículo hay que asegurarse de qué polo es el que lleva a masa.
- Para proteger los bornes contra la sulfatación pueden recubrirse por medio de vaselina neutra o grasa consistente(2).

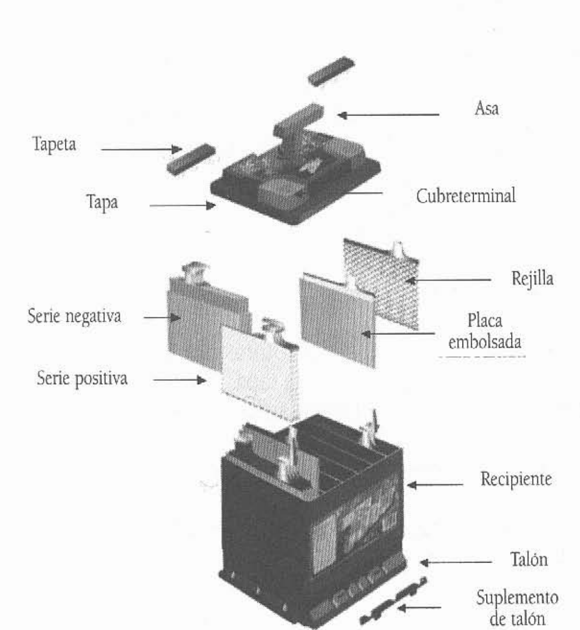
5.2. Baterías actuales

5.2.1. Definición de una batería y sus partes principales

La palabra batería significa: "conjunto de piezas".

Una batería eléctrica es un "conjunto de acumuladores eléctricos independientes" conectados entre sí. Esos acumuladores tienen la capacidad de convertir la energía eléctrica en energía química, almacenarla y, ante un requerimiento, invertir el proceso y entregarla nuevamente convertida en energía eléctrica. Ahora bien, los acumuladores pueden repetir dicho proceso muchas veces, lo que les diferencia de las pilas que, funcionando bajo el mismo principio químico, sólo tienen la capacidad de entregar una sóla vez la energía acumulada.

Despiece de la batería TST



Una definición correcta sería:

BATERIA ELECTRICA es un dispositivo electroquímico que permite almacenar energía en forma química para luego entregarla en forma eléctrica. Tiene la característica de ser reversible, esto es, la de poder ser recargada una vez que ha entregado la electricidad almacenada.

Los componentes de una batería son:

CAJA O RECIPIENTE: Fabricada en polipropileno de alta resistencia

TAPA: Sirve para cerrar el recipiente; es de polipropileno.

Las tapas permiten mantener sellados los vasos, impidiendo la salida de electrolito desde su interior y la entrada de materias extrañas desde el exterior.

Van selladas a la caja mediante termosoldadura.

Forman parte de ellas los orificios de acceso a los vasos, por los cuales se agrega electrolito para la activación (en el caso de las baterías cargadas en seco), o agua destilada para mantener el nivel adecuado de electrolito y permiten acceder al interior con un densímetro para controlar la densidad del mismo. Estos orificios van cerrados con tapones que poseen un sistema de ventilación que permite la expulsión de gases generados en el interior.

Es por esto por lo que el sistema de ventilación de cada tapón **debe estar permanentemente limpio y sin obstrucciones**. Estos tapones pueden ser con rosca o a presión.

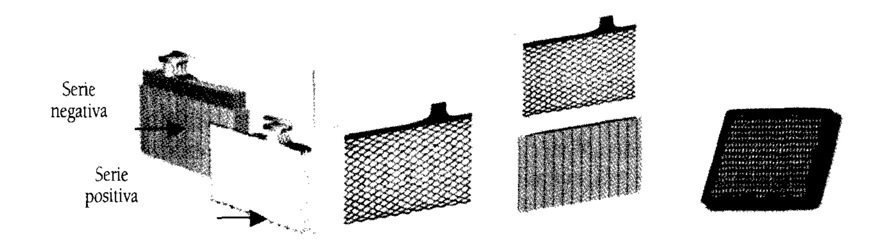
PAQUETES:

Los grupos (o elementos **acumuladores**) que van en los vasos o celdas están formados por:

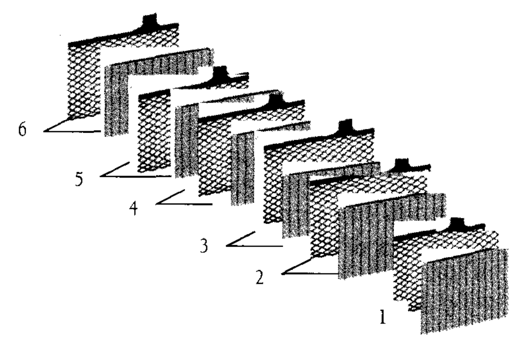
- Placas positivas.
- Placas negativas.
- Separadores

Las **placas positivas** son el resultado de empastar una rejilla de una aleación de plomo con una pasta o **materia activa** compuesta por **peróxido de plomo** y ácido sulfúrico. Todas las placas positivas se unen mediante la interconexión de sus patillas superiores. En las **placas negativas**, las rejillas son empastadas por una mezcla compuesta por **plomo puro** y ácido sulfúrico. Al igual que las positivas se conectan entre sí uniendo las patillas superiores de cada una de ellas, fundiendo el plomo.

Las placas positivas se intercalan con las negativas y entre cada placa positiva y negativa se coloca un **separador**. A este conjunto así formado se le denomina **grupo**.



El separador es una lámina de resinas fenólicas que pueden llevar nervaduras que permiten un mayor volumen de electrolito en contacto con la materia activa o una esterilla de fibra de vidrio que, además, ayuda a retener la caída de materia activa cuando ésta se reblandece y desprende debido a un trabajo inadecuado o excesivo. Su objeto es aislar eléctricamente una placa positiva de una negativa.



También hay separadores del tipo **sobre** que normalmente son de polietileno microporoso de baja resistencia y encapsulan a las placas por tres lados reduciendo al mínimo los cortocircuitos entre placas y los producidos por las vibraciones.

Los **grupos** van interconectados en serie entre sí, de tal manera que las placas positivas de uno queden conectadas con las negativas del otro y así sucesivamente. Esto de efectúa mediante diversos sistemas de conexiones.

Finalmente van a quedar en un costado de la batería, placas positivas sin estar conectadas a nada y en el otro costado placas negativas en la misma condición. A ellas se funden los **bornes**, obteniendo así un borne positivo (+) (soldado a las placas positivas de un grupo) y otro negativo (-) (soldado a las placas negativas del último grupo). Los bornes son los que permiten la salida de la energía acumulada en la batería o la entrada de ella cuando está descargada y van conectados al sistema eléctrico del vehículo o a un sistema externo de carga.

ELECTROLITO:

Está compuesto por ácido sulfúrico y agua destilada y es uno de los elementos químicos que forman parte de la reacción electro-química de la batería.

Dado que cada fabricante recomienda una densidad y una exigencia de pureza química determinadas, es por lo que se hace necesario **usar el electrolito proporcionado con las baterías** y no otro.

5.2.2. Clasificación

Se utilizan diferentes sistemas y tecnologías para obtener un producto final que tendrá también características diferentes.

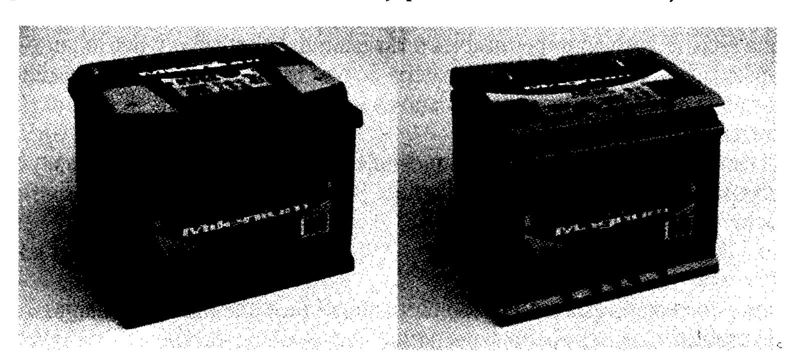
A la fecha, las características propias de cada batería permiten agruparlas en las siguientes clasificaciones:

- **Baterías cargadas húmedas.** Son las que salen de fábrica y hacia los puntos de venta, con su carga completa y con electrolito en su interior.
- **Baterías cargadas en seco.** Son las que llegan al punto de venta con toda su carga pero sin electrolito en su interior.
  Las secas son aquellas cuyas placas, una vez formadas y cargadas, son sometidas a un proceso de secado (de ahí su nombre) para luego ser aisladas mediante un material inerte, que las protegerá, evitando que la materia activa que está cargada pueda reaccionar químicamente con el oxígeno del aire que hay en el interior de la batería. Ello provocaría su oxidación y la degradación durante el tiempo que permanezcan en stock.
- **Baterías de bajo mantenimiento** (Low Maintenance). Mediante una aleación especial usada en las rejillas se consigue que la descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno sea menor, es decir, hay una menor gasificación y, por lo tanto, consumen menos agua destilada, reduciendo los daños que los vapores ácidos suelen producir a las partes metálicas cercanas a la batería (terminales, marcos, bandejas, etc.). El relleno de agua destilada deberá ser necesaria cada cuatro meses como mínimo, salvo que esté sometida a "**sobrecargas eléctricas**". Es decir, que un consumo alto de agua en una batería de bajo mantenimiento inevitablemente estará indicando un fallo eléctrico en el vehículo. Esto también puede producirse si el acumulador trabajase en un ambiente de altas temperaturas.
- **Baterías de libre mantenimiento.** Son baterías en las que el contenido de antimonio en las rejillas se ha reducido considerablemente y como consecuencia la gasificación y descomposición del agua. Estas baterías necesitan una revisión de niveles cada 6 meses como mínimo.

Un consumo anormal de agua, en cualquier tipo de batería, indica inevitablemente un problema eléctrico en el vehículo y debe ser siempre tenido en cuenta por los usuarios.

Baterías de plomo-calcio. La incorporación de componentes especiales en las rejillas de estas baterías y el mayor volumen de electrolito que contienen los vasos de éstas, hacen que no sea necesaria la reposición de agua destilada durante su vida útil al estar trabajando en sistemas eléctricos en buenas condiciones.

Estas baterías por ser de desarrollo reciente tienen incorporados en sus procesos las **tecnologías punta** en fabricación de acumuladores y, por lo tanto, ofrecen un mayor rendimiento.



En su fabricación se usan materias primas de alto rendimiento: los componentes especiales agregados en sus rejillas (como es el calcio) minimizan la descomposición de agua en gases (hidrógeno y oxígeno); sumado a esto un sofisticado sistema de evacuación de estos gases, permite entregar baterías que, además de ofrecer un mayor rendimiento, evitan la expulsión de humedad corrosiva, que al entrar en contacto con metales (terminales-sistemas de sujeción-partes de la carrocería) producen la sulfatación o corrosión de ellos.

5.2.3. Términos generalmente usados

- Ampere (A):

Es la unidad de medida del flujo de corriente a través de un circuito conductor eléctrico.

- Capacidad:

Es la cantidad de electricidad que una batería nueva, totalmente cargada, es capaz de almacenar y está expresada en amperes/hora. Como norma, esta capacidad está expresada en periodo de 20 horas.

- Ampare/Hora (Ah.):

Es la unidad teórica con que se mide la capacidad de una batería.

Dado que esta norma sólo mide lo que una batería puede almacenar y entregar en 20 horas y no indica la cantidad de amperes que es capaz de entregar en forma sostenida e inmediata, sin dañarse y durante el tiempo necesario para que el motor de arranque pueda hacer funcionar al motor del vehículo, desde hace algunos años se utiliza el concepto de Cold Cranking (Arranque en Frío), cuando se refiere a baterías automotrices o para arranque.

- Cold Cranking(Arranque en frío):

Es el número de amperes que una batería, nueva, totalmente cargada y estando a (-17,8° C.) puede entregar durante 30 segundos, manteniendo un voltaje de 1,2 voltios por vaso, como mínimo.

Está indicado, como ya se dijo, en amperes, a una temperatura de (-17,8 ° C) y su valor entonces nos servirá para determinar si es capaz de proporcionar, sin dañarse, los amperes que necesita el motor de arranque a una temperatura extrema como es -17,8° C., para poder girar y así hacer funcionar el motor del vehículo.

• Sulfatación:

El término **sulfatación** se refiriere a la formación de cristales de sulfato de plomo en las placas, Este daño se puede producir por uso o mantenimiento prolongados sin su carga completa o por hacer trabajar la batería con un electrolito de una densidad más alta que la especificada por el fabricante. La acumulación de estos sulfatos en las "caras" de las placas hacen que estas se vuelvan impermeables a la acción del electrolito y por lo tanto se pierde la capacidad de reaccionar con la materia activa. Estos cristales son muy difíciles de disolver y en la mayoría de los casos el daño es irreversible.

• Corriente:

Es la cantidad de flujo eléctrico o el movimiento de electrones a través de un conductor; es comparable a la corriente de un líquido. Su unidad es el **amperio**.

• Ciclo:

Es una descarga y carga de la batería.

• Descarga:

Cuando una batería está entregando corriente, se dice que está en descarga.

• Electrolito:

En una batería de plomo-ácido, el electrolito está compuesto por ácido sulfúrico diluido en agua destilada. Es un conductor eléctrico y a la vez, un proveedor de hidrógeno y sulfato para la reacción:

$$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 = 2Pb\ SO_4 + 2H_2O$$

• Grupo (o Elemento):

Es el conjunto de placas positivas y negativas ensambladas con separadores aislantes.

• Rejilla:

Es un marco reticulado, fundido con una aleación a base de plomo, que soporta la materia activa de las placas de la batería y conduce la corriente generada hasta los puentes de conexión que las agrupan.

• Masa:

Es la conexión de una corriente eléctrica con "tierra". En uso automotriz, es el resultado de conectar mediante un cable eléctrico, un borne de la batería con la carrocería, chasis u otra parte del vehículo que se usa como paso para cerrar un circuito en vez de un cable desde cada parte eléctrica o accesorio.

• Densímetro:

Un instrumento (normalmente del tipo de flotación) usado para determinar el estado de carga de la batería, mediante la medición de la gravedad específica (densidad) del electrolito.

Voltaje en circuito abierto:

Es el voltaje de una batería cuando ésta no está recibiendo ni entregando energía. Es de 2,1 voltios en una celda de batería totalmente cargada.

• Capacidad de Reserva:

Es la cantidad de minutos durante los que una batería totalmente cargada puede entregar 25 amperes. Esto simula el tiempo que la batería podrá alimentar a los accesorios esen-

ciales, conduciendo de noche, si es que el alternador o generador o caja reguladora dejaron de recargar la batería por falta de alguno de ellos.

• **Densidad o gravedad específica:**

La concentración o porcentaje de ácido en el electrolito se mide mediante la gravedad específica o densidad del electrolito. El peso del electrolito es comparado con el peso de un volumen igual de agua destilada.

• **Estado de carga:**

Es la cantidad de poder eléctrico almacenado en una batería en un momento dado. Se determina por la cantidad de ácido sulfúrico que permanece en el electrolito (gravedad específica o densidad) en el momento del control.

• Voltio:

Es la unidad de medida de la tensión eléctrica.

• Watt:

Es la unidad de medida de energía eléctrica o "trabajo".

Fórmula: Watt = Ampere x Voltio.

5.2.4. La batería

Funcionamiento

La batería **almacena energía** en forma **química** y la puede entregar como **energía eléctrica**. Al conectar la batería a cualquier consumo eléctrico, como es el motor de arranque, la energía química se convierte en energía eléctrica y entonces fluye corriente a través del circuito.

Las tres funciones principales de una batería de arranque son:

1).- La primera, y más importante, es entregar energía al motor de arranque y al sistema de encendido para que el motor de explosión pueda ser puesto en marcha.

2).- Proporcionar, en forma excepcional, la energía extra requerida cuando el consumo eléctrico del vehículo sea superior al que puede proporcionar su alternador.

3).- Actuar como estabilizador de voltaje en el sistema eléctrico. La batería reduce momentáneamente altos voltajes (voltajes transitorios) que ocurren en el sistema eléctrico de los vehículos.

Estos voltajes excesivos pueden dañar otros componentes del sistema eléctrico si no estuvieran bajo la protección de la batería.

El proceso en una batería plomo-ácido está determinado por los elementos químicos que reaccionan en ella. Estos son:

1).- **Peróxido de plomo**. Es la "pasta" o materia activa de las placas positivas.

2).- **Plomo puro esponjoso**. Es la materia activa de las placas negativas.

3).- **Acido sulfúrico (diluido)**. Es el componente del electrolito.

Cuando dos metales diferentes se sumergen en un ácido, se inicia una reacción química

que por su diferencia de potencial eléctrico genera una ***"corriente eléctrica"***.

Dependiendo del tipo de metales y del ácido en que se sumerjan, se generan potenciales de magnitudes distintas.

En las baterías comúnmente utilizadas para arranque de vehículos, los metales o componentes químicos de las placas son: ***peróxido de plomo*** (placa +), ***plomo esponjoso*** (placa -) y ***ácido Sulfúrico***. La reacción electroquímica de estos componentes genera, aproximadamente, 2,1 voltios de tensión entre placas.

Resumiendo:

La energía eléctrica se produce por la reacción química entre los metales diferentes y el çelectrolito. La reacción química comienza y la energía eléctrica fluye desde la batería, tan pronto se cierra el circuito entre el terminal o borne positivo y el negativo, como sucede cuando se conecta el motor de arranque, los focos o cualquier otro aparato a la batería.

La corriente eléctrica fluye como ***electrones*** a través del circuito exterior y como partes de ácido cargadas ***(iones)*** entre las placas, en el interior de la batería.

De lo anterior se desprende que:

El **voltaje** de una batería sólo depende del tipo de metales y ácido que participen en la reacción electroquímica y no de la cantidad que de ellos haya en el acumulador.

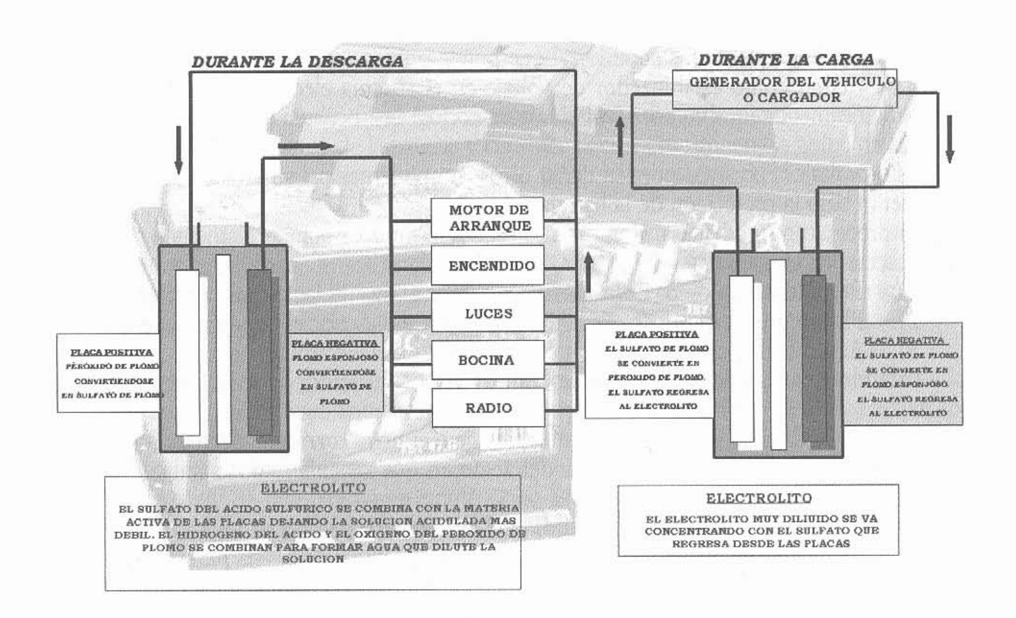
La **capacidad** (de almacenamiento), expresada en amperios/hora o minutos de reserva, de una batería, estará dada por la cantidad (gramos) de materia activa contenida en las placas y el volumen de ácido en el electrolito.

El **cold cranking** o "*potencia de arranque*" de un acumulador, tiene relación directa con la **superficie de contacto** (centímetros cuadrados) entre placas y electrolito. O sea, el tamaño y número de placas determina fundamentalmente esta propiedad, aunque es válido mencionar también la **resistencia interna** que el diseño de las rejillas de las placas y los conectores interceldas opongan al paso de la corriente.

5.2.5. Ciclo de descarga

Cuando una batería es conectada a un consumo eléctrico externo, la corriente fluye y aquella comienza a descargarse.

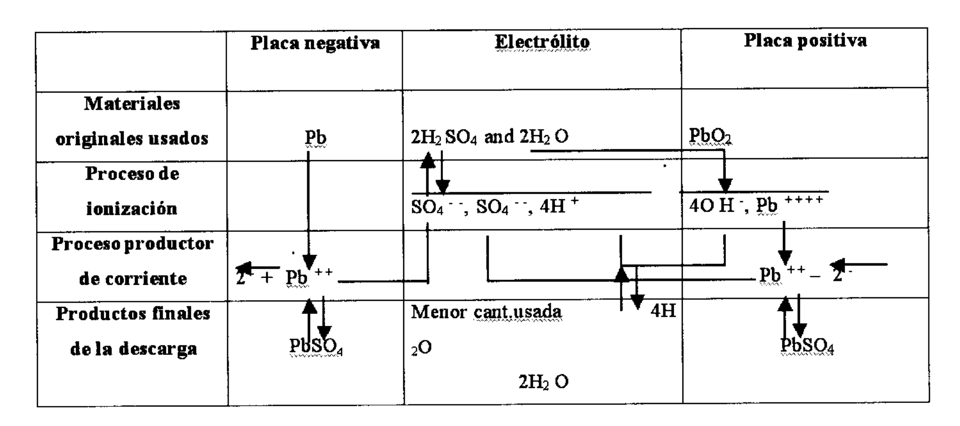
El peróxido de plomo en las placas positivas es un compuesto de plomo y oxígeno.



El ácido sulfúrico está compuesto por hidrógeno y radical sulfato.

A medida que la batería se descarga, el plomo de la materia activa de las placas positivas se combina con el sulfato del ácido sulfúrico, formándose sulfato de plomo en las placas positivas. El oxígeno de la materia activa de las positivas se combina con el hidrógeno del ácido sulfúrico formando agua. Al mismo tiempo, una reacción similar ocurre en las placas negativas. El plomo de la materia activa de las placas negativas se combina con el sulfato del ácido sulfúrico para formar sulfato de plomo en las placas negativas. Ambas reacciones al descomponer el ácido sulfúrico del electrolito, hacen que éste disminuya su densidad. Es decir, a medida que la descarga progresa, la densidad del ácido sulfúrico disminuye . La densidad puede ser medida con un densímetro, siendo éste un método exacto y cómodo para determinar el estado de carga de una batería.

Durante la descarga, la materia activa de ambas placas se va transformando en sulfato de plomo. Las placas van quedando casi químicamente iguales y el ácido se va debilitando, por lo tanto, el voltaje comienza a bajar ya que éste depende de la diferencia de potencial que hay entre los materiales de las placas y de la concentración de ácido en el electrolito. Así, llega un momento en que la batería ya no puede entregar electricidad a un voltaje utilizable y entonces se dice que está ***descargada***. Esto sucede cuando la materia activa, diferente en ambas placas, se ha transformado en una misma materia. Al haber una sóla materia sumergida en un ácido (que prácticamente ya no es tal), no hay reacción electroquímica.



	Placa negativa	**Electrólito**	**Placa positiva**
Materiales originales usados	Pb	$2H_2SO_4$ and $2H_2O$	PbO_2
Proceso de ionización		SO_4^{--}, SO_4^{--}, $4H^+$	$4OH^-$, Pb^{++++}
Proceso productor de corriente	$2^- + Pb^{++}$		$Pb^{++} - 2^-$
Productos finales de la descarga	$PbSO_4$	Menor cant.usada 4H $_2$O $2H_2O$	$PbSO_4$

Reacciones de la descarga

Cuando una batería es sometida a una alta descarga, como lo es al someterla a la corriente de arranque a temperaturas cercanas a (-18° C), se descarga en forma rápida (por ejemplo en 2 ó 3 minutos). Esto se debe a que la circulación del ácido hacia los poros de las placas y la dispersión del agua desde los poros de las placas, es demasiado lenta para prolongar la descarga en esas condiciones de temperatura.

Sólo un pequeño porcentaje de electrolito y materia activa de las placas de las celdas, es utilizado durante la relativamente corta duración de la alta descarga. Sólo la materia activa de la superficie o la muy próxima a ella, toma parte activa en la reacción química. Esta

es la razón por la cual las placas de la batería de arranque deben tener gran superficie o área de contacto con el electrolito.

Porosidad, baja densidad, ingredientes de las placas, etc., ayudan al movimiento del ácido hacia el interior de las placas y del agua desde los poros de las placas.

La condición de circulación del ácido y dispersión de agua descritos, tienen un efecto menor en el comportamiento de la batería en rangos de descarga menores.

En estas condiciones prácticamente todo el ácido puede reaccionar y la materia activa cercana al centro del grueso de las placas, tiene mayor oportunidad de tomar parte en la reacción química.

La batería de arranque de plomo-ácido es químicamente reversible.

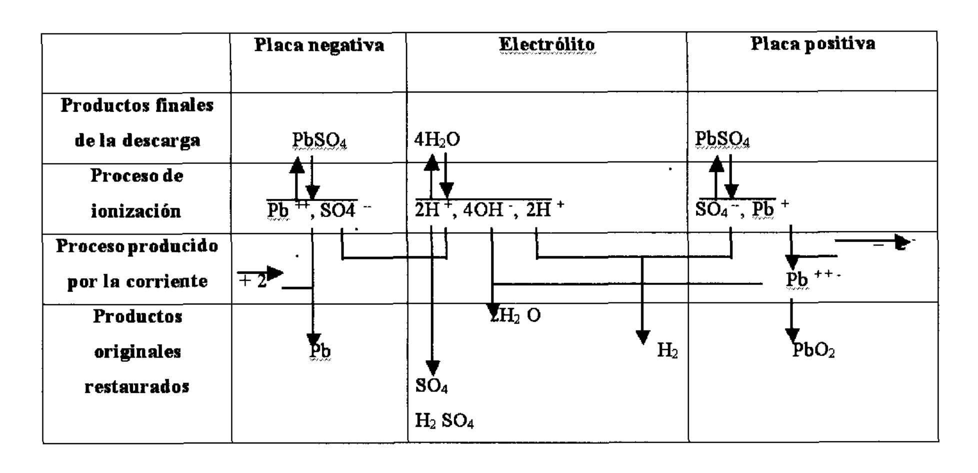
Una batería de arranque descargada, puede ser cargada nuevamente (haciendo pasar una corriente en sentido contrario a la de la descarga) y su materia activa recuperará su estado original. La batería está nuevamente lista para entregar toda su energía.

Esta descarga y carga (ciclo), pueden ser repetidas muchas veces hasta que los separadores o placas se deterioren o algún factor produzca el término de la vida de la batería.

5.2.6. Ciclo de carga

La reacción química que sucede en el interior de la batería durante el proceso de carga, es básicamente lo opuesto a lo que sucede durante la descarga. El sulfato de plomo de ambas placas se descompone volviendo a su forma original de plomo y sulfato.

El agua se descompone en hidrógeno y oxígeno. A medida que el sulfato abandona las placas se va combinando con el hidrógeno y se transforma en ácido sulfúrico. Al mismo tiempo, el oxígeno se combina químicamente con el plomo de las placas positivas para formar peróxido de plomo. La densidad o gravedad específica del electrolito aumenta durante la carga, dado que se forma ácido sulfúrico que reemplaza una parte del agua del electrolito.



Reacciones de la carga

Durante el proceso de carga de una batería se producen gases. ***Hidrógeno*** que se desprende de las placas negativas y ***oxígeno*** de las positivas. Estos gases resultan de la descomposición del agua. Una batería gasifica (necesita relleno de agua) porque ha sido cargada con un régimen de carga superior al que puede aceptar. Esto puede deberse al hecho de que la batería esté totalmente cargada. Generalmente una batería gasifica casi al final de estar cargada porque el régimen de carga es muy alto para ser aceptado completamente por ella.

Un cargador del tipo de los que reducen automáticamente el rango de carga a medida que la batería se va cargando, elimina en gran parte la gasificación.

Lógicamente ninguna batería debería ser sobrecargada por períodos prolongados de tiempo y a veces sucede en el vehículo como consecuencia de un mal funcionamiento del regulador o alternador.

5.2.7. Requerimiento del vehículo

Capacidad para "arrancar" el motor.

Como se indica en las funciones principales de una batería, la mayor responsabilidad de una batería es entregar corriente al motor de arranque para que éste ponga en marcha el motor de explosión. La corriente necesaria para arrancar un motor de explosión depende el número de cilindros, relación de compresión, resistencia del circuito, temperatura, viscosidad del aceite del motor, carga de accesorios, etc.

Un motor de 4 cilindros puede consumir tanta o más corriente que uno de 8 cilindros de menor desplazamiento en sus cilindros.

Todos estos factores son considerados por el fabricante cuando especifica una batería de equipo original para cada tipo de vehículos. Es por esto, por lo que la batería que reemplace a la original del vehículo debe ser, como mínimo, del mismo cold cranking que la original, ya que al instalar una inferior, será sometida a una descarga para la cual no fue diseñada, sufriendo entonces y a corto plazo, un deterioro irreparable. Es vital para un rendimiento satisfactorio y prolongado de la batería instalada, que su cold cranking sea igual o superior al de la que reemplaza, así trabajará en forma normal y no será sobreexigida.

Abastecer el consumo de los accesorios eléctricos.

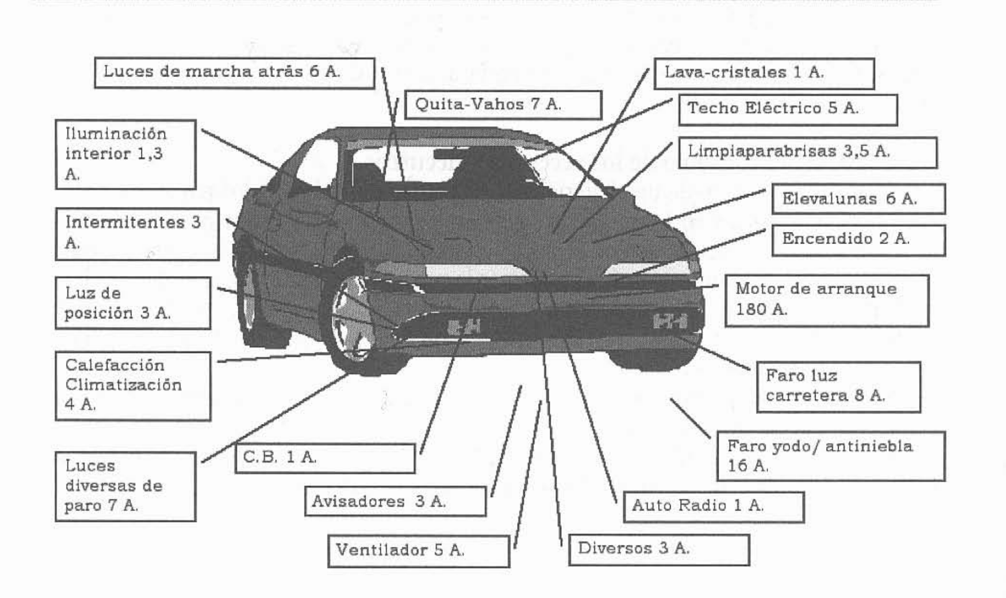
La segunda función de una batería es la de entregar al vehículo los requerimientos de energía cuando ellos y en forma excepcional, sean superiores a los que puede suministrar el sistema eléctrico del vehículo. El sistema eléctrico proporcionará la energía eléctrica durante condiciones normales de conducción o manejo. Sin embargo, si el motor está en "***ralentí***", la batería entregará parte del consumo de los accesorios. Esto es lo que sucede cuando se conduce en ciudad o en conducción con continuas partidas y paradas con consumo para accesorios normales.

La batería debe proporcionar la energía necesaria para el funcionamiento del vehículo cuando el sistema de carga falle.

La siguiente tabla indica la demanda aproximada de corriente a que se somete una batería de auto tipo, de tamaño normal, con sistema eléctrico de 12 voltios.:

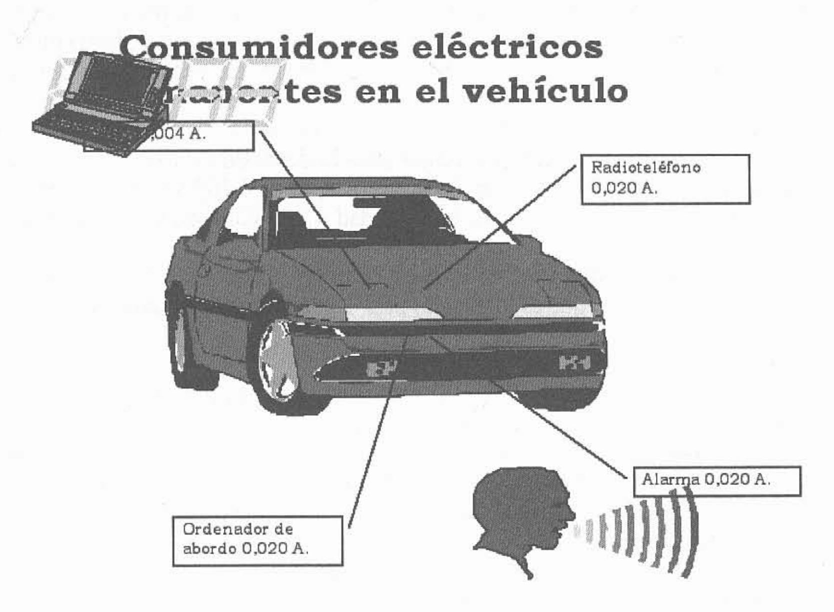
LOS CONSUMIDORES ELECTRICOS DEL VEHÍCULO EN MARCHA

1.	Motor de arranque	180 A.
2.	Encendido	2 A.
3.	Faro luz de carretera	8 A.
4.	Faro iodo/anti-niebla	16 A.
5.	luz de posición	3 A.
6.	Luces diversas de paro	7 A.
7.	Iluminación interior	1,3 A.
8.	Intermitentes	3 A.
9.	Luces de marcha atrás	6 A.
10.	Avisadores	3 A.
11.	Limpiaparabrisas	3,5 A.
12.	Lava cristales	1 A.
13.	Eleva lunas	6 A.
14.	Quita vahos	7 A.
15.	Calefacción-climatización	4 A.
16.	Techo eléctrico	5 A
17.	Auto-radio	1 A.
18.	C.B.	1 A.
19.	Ventilador del radiador	5 A.
20.	Diversos, mechero, antena eléctrica	3 A.
A-	Batería 12 voltios	50 Ah.-250 A.
B-	Alternador 12 voltios	50 A.



LOS CONSUMIDORES PERMANENTES

21.	Reloj	0,004 A.
22.	Alarma	0,020 A.
23.	Ordenador de abordo	0,020 A.
24.	Radio teléfono	0,020 A.
		0,064 A.



EN UN MES DE INMOVILIZACIÓN ELLOS DESCARGAN LA BATERÍA DEL ORDEN DE 30 Ah., LO QUE SIGNIFICA EL 60% DE SU ESTADO DE CARGA INICIAL

Estas tablas les darán una idea bastante precisa de las necesidades en corriente eléctrica de los consumidores.

Cuando reemplace la batería de un vehículo, instale otra que respete ***como mínimo***, las características eléctricas de la original.

Obviamente el voltaje no podrá ser variado, pero si podrá instalarse una con ***mayor capacidad*** y por lo tanto de ***mayor potencia o Cold Cranking***. Esto no involucra ningún riesgo de daños a componentes del vehículo y si mejorará el servicio y la duración.

Regulador de potencia eléctrica

La tercera función de una batería es actuar como estabilizador de voltaje en el sistema de carga.

Ocasionalmente son generados altos voltajes transitorios en el sistema eléctrico. Esto puede suceder al conectar o desconectar un circuito, etc. La batería absorbe parcialmente

y reduce en gran medida este alza de voltaje, protegiendo componentes como los diodos, evitando que sean dañados.

5.2.8. Electrolito y densidad o gravedad específica

El electrolito de una batería de arranque del tipo plomo-ácido, es una solución de ácido sulfúrico y agua pura.

Una batería totalmente cargada con densidad 1.280 corregida a (26,7°.C), contiene un electrolito con aproximadamente 38% de ácido sulfúrico en peso ó 23% en volumen. El resto del electrolito es agua destilada. La densidad del ácido sulfúrico es de 1.835. El ácido sulfúrico del electrolito es uno de los ingredientes necesarios en la reacción química que tiene lugar en el interior de una batería. Proporciona el sulfato que se combina con la materia activa de las placas y es también conductor de la corriente eléctrica al pasar de una placa a otra.

La gravedad específica es el sistema usado para determinar el ácido sulfúrico contenido en el electrolito y se expresa en gramos por litro. La densidad del electrolito en una batería totalmente cargada en nuestras unidades actuales, es de 1.280 a (26,7° C). Se ha asignado al agua una densidad de 1.000. La densidad 1.280 corresponde a una tensión de 12,70 voltios.

Por lo tanto, un electrolito con densidad 1.280 significa que es 1,28 veces más pesado que el agua destilada, o lo que es lo mismo, pesa 1.280 gramos por cada litro.

5.2.9. Agua

Lo recomendable al tener que agregar agua a una batería, es usar agua destilada. No **deben usarse aguas con contenidos minerales ni cloradas.**

Evite almacenar agua en envases metálicos. Las impurezas metálicas del agua acortan la vida y disminuirán el rendimiento de las baterías. Líquidos como agua salada, vinagre, alcohol, cloro, amoniaco o ácidos como el nítrico, clorhídrico o acético, dañan irremediablemente las baterías.

5.2.10. Densímetro: Descripción y uso

El estado de carga de una batería se determina mediante la gravedad específica o densidad del electrolito (su peso comparado con el del agua).

La gravedad específica o densidad puede ser medida directamente con el densímetro.

El densímetro es una jeringa tipo bulbo que extrae electrolito desde la celda de una batería. Un flotador de vidrio, ubicado en su interior y debidamente calibrado, nos indica la densidad del líquido. Si después de un tiempo de carga, el flotador aún no flota, no asuma que la batería no toma carga. Esta puede estar completamente descargada y necesitará más tiempo de carga para que la densidad del electrolito pueda empezar a ser medida en la lectura del flotador, la que normalmente comienza con 1.000.

La figura siguiente nos indica la manera correcta de medir la densidad.

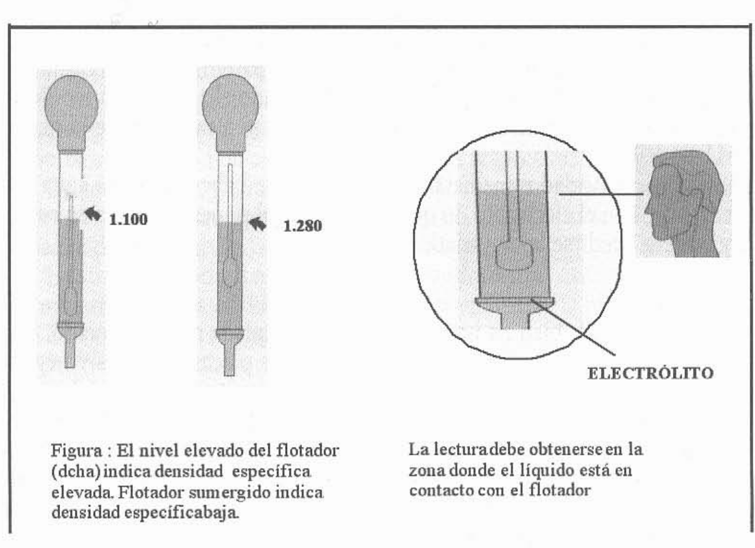
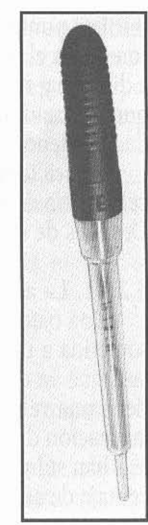


Figura : El nivel elevado del flotador (dcha) indica densidad específica elevada. Flotador sumergido indica densidad específicabaja.

La lecturadebe obtenerse en la zona donde el líquido está en contacto con el flotador



El tubo y flotador deben estar verticales para que el último no se pegue ni roce con el primero. Tampoco debe topar en la parte superior e inferior. El ojo debe estar a la altura del líquido. Mantenga el densímetro limpio y asegurese que no esté agrietado o roto.

La relación entre la lectura de densidad y la combinación del sulfato del ácido con la materia activa de las placas positivas y negativas a diferentes estados de carga, se muestra en la siguiente figura.

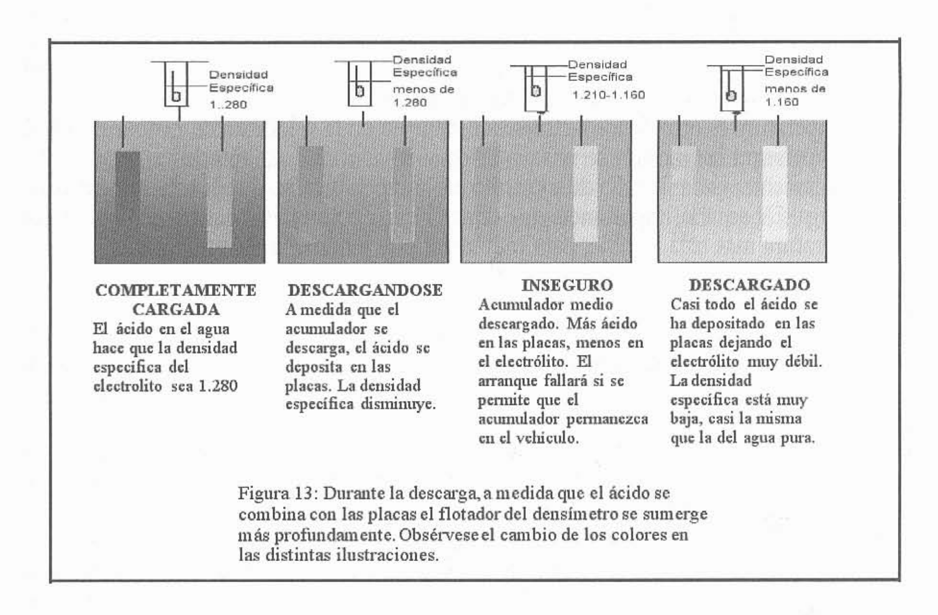


Figura 13: Durante la descarga, a medida que el ácido se combina con las placas el flotador del densímetro se sumerge más profundamente. Obsérvese el cambio de los colores en las distintas ilustraciones.

Los puntos negros representan el radical sulfato. En una batería cargada, todo el sulfato está en el ácido. A medida que la batería se va descargando, parte del sulfato comienza a diluirse y su densidad baja a medida que el agua va reemplazando el ácido sulfúrico. Note que el flotador del densímetro flota más hundido en el electrolito a medida que la densidad va siendo más baja.

Nunca tome lectura de densidad inmediatamente después de haber agregado agua a la celda. Esta debe mezclarse con el electrolito, lo que se consigue al poner la batería en carga. Después de la carga puede medirse la densidad.

5.2.11. La autodescarga

Una batería que está inactiva, bien en un almacén, bien instalada en un vehículo, está sometida a un fenómeno de paso interno de corriente entre sus placas positivas y negativas, que va descargándolas. A este fenómeno se le llama ***Autodescarga***. Esta autodescarga tiene una velocidad variable, en función principalmente de dos agentes: la composición de la aleación de las rejillas de las placas y la temperatura. Las rejillas de las placas de las baterías han sido hasta ahora de una aleación de plomo y antimonio. Cuanto más alto es el porcentaje de antimonio utilizado en esa aleación, mayor es la Autodescarga. Las rejillas de las baterías ***convencionales*** llevan, aproximadamente, un 5% de antimonio y las de ***bajo mantenimiento*** un 3%.

Las baterías llamadas ***"sin mantenimiento"*** o ***"libres de mantenimiento"*** son denominaciones definidas en las normas DIN alemanas y que definen el consumo de agua máximo que debe tener una batería para hacerse dignataria de esa denominación, pero esto no quiere decir que no exista algún consumo de agua, sino que éste es menor que el especificado por las citadas normas. Son baterías con porcentajes de antimonio en la aleación inferiores al 2% o baterías híbridas, en las cuales una de las rejillas no lleva antimonio y éste es sustituido por el calcio.

Actualmente existen baterías con aleaciones de plomo-calcio en ambas rejillas. Estas baterías tienen una autodescarga muy lenta y un consumo de agua durante su funcionamiento casi inapreciable, siempre y cuando el funcionamiento del circuito eléctrico del automóvil sea correcto y no provoque el fenómeno de la sobrecarga.

La temperatura es otro de los factores que influyen en la velocidad de Autodescarga. A mayor temperatura la reacción se ve favorecida y la velocidad de autodescarga aumenta. Aproximadamente, cada 10° C. de aumento de temperatura se duplica la velocidad de autodescarga. De aquí la importancia que tiene el que las baterías inactivas se mantengan a la temperatura más baja posible, para minimizar este fenómeno de autodecarga.

5.2.12. La sulfatación

La materia activa, tanto de la placa positiva como de la negativa, cuando está en estado de descarga, es ***sulfato de plomo***. Cuando los cristales de sulfato de plomo se forman al descargarse la batería, son microscópicos y se descomponen fácilmente al paso de la corriente de carga; pero si los cristales se dejan en reposo, van creciendo de tamaño, haciéndose cada vez más difícil su descomposición por la corriente de carga, llegando a ser imposible al cabo de un tiempo de reposo de aproximadamente 6 meses. Este es el fenómeno llamado ***sulfatación de las placas***.

Es evidente que los fenómenos de AUTODESCARGA y SULFATACION están muy relacionados. Los primeros cristales de sulfato de plomo formados en la autodescarga, son microscópicos y van creciendo con el tiempo. Si la recarga tarda en hacerse, la reacción

electroquímica que transforma el sulfato en dióxido de plomo o plomo esponjoso, es cada vez más difícil, llegando a ser imposible su recuperación. Esto quiere decir que, una batería en reposo, hay que recargarla cada cierto tiempo en función de la capacidad perdida por la autodescarga y que, como ya hemos visto, varía en función de la aleación con la que están fabricadas las rejillas que mantienen las respectivas materias activas.

De todo esto se deduce la necesidad de recargar periódicamente las baterías cuando están en reposo, para evitar que el fenómeno de sulfatación reduzca un porcentaje de su capacidad que ya no sería recuperable por la recarga.

Existe un método llamado "***carga de sulfatación***" que, cuando el daño es incipiente, permite disolver los cristales de sulfato y así recuperar la batería afectada.

Dicho método consiste en lo siguiente:

Paso 1: Se vacía el electrolito de la batería.

Paso 2: Se rellena con agua destilada.

Paso 3: Se conecta a un cargador a un régimen equivalente a 0.25 de Ampere por cada placa positiva que tenga cada elemento.
Ejemplo:Si una batería tiene 13 placas por vaso y por lo tanto 6 son positivas, la batería deberá ser cargada a un régimen de 1,5 Ampere.

Paso 4: Mantener en carga hasta que la densidad deje de aumentar, después de tres lecturas consecutivas efectuadas con una hora de intervalo entre cada una de ellas.

Paso 5: Verter el líquido, llenar la batería con electrolito nuevo y regular la densidad al valor original.

Paso 6: Dejar reposar durante 48 horas. Si al cabo de ese tiempo la densidad del electrolito no ha bajado, significa que el daño ha sido reparado.

5.2.13. Recepción y mantenimiento durante el almacenaje

Cuando se reciben baterías nuevas, lo primero que hay que hacer, **inmediatamente**, es una revisión minuciosa.

En el caso de baterías cargadas en seco, deben verificarse especialmente los daños producidos por golpes en el recipiente, tapa o bornes, dado que, al estar sin electrolito, la posible rotura no se detectará fácilmente por pérdida del líquido. Estos daños pueden producirse durante el traslado.

El transportista es el responsable de los daños ocurridos durante el transporte y deben ser comunicados de inmediato al mismo en el momento de la entrega. Es fundamental y necesario hacerlo constar en el albarán de entrega que se firma, indicando el tipo de batería que falta o que está dañada.

La garantía otorgada por el fabricante no cubre daños producidos por golpes u otros.

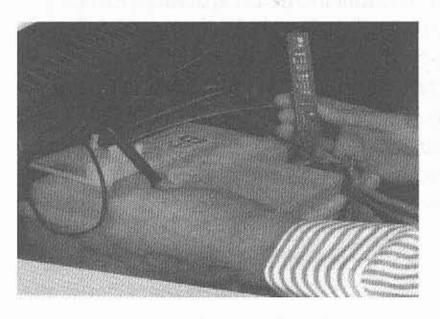
5.2.14. Mantenimiento a efectuar en stock

Las indicaciones que a continuación encontrarán, deben aplicarse a todo tipo de baterías, sean éstas seco, cargadas, maintenance free, de bajo mantenimiento, etc.

Es recomendable dar la responsabilidad de la sala de baterías y del mantenimiento del stock de ellas, a una persona del servicio con los conocimientos necesarios. Debe contar con herramientas y equipos adecuados y conocer su perfecto uso. Lo anterior debe incluir: un cargador de carga lenta, cables para conectar entre sí, densímetro y termómetro, limpiador de bornes, téster de resistencia variable, agua destilada y bicarbonato para neutralizar el ácido sulfúrico.

Las baterías deben almacenarse en un lugar fresco, seco y limpio.

El stock de baterías debe rotarse estrictamente de acuerdo con el sistema First-In, First-Out, esto es, la primera que entra al almacén, es la primera que debe salir. Este sistema es válido, tanto para las baterías maintenance free, como para las seco-cargada y de bajo mantenimiento.



Escriba en las cajas de cartón o en el protector de polietileno o en una etiqueta pegada a la baterías, la fecha de recepción de las mismas. Esto le ayudará a cumplir el sistema First-In, First-Out.

El estado de carga debe ser controlado cada 120 días o menos si la temperatura y humedad del local son elevadas.

5.2.15. Instalación de batería

Selección de la batería

La batería a instalar debe ser, estrictamente, de una capacidad y potencia iguales o superiores a las de la batería que fue instalada por el fabricante del vehículo. Reemplazarla por una eléctricamente más débil producirá una reducción en la vida de ésta. Si se reemplaza por una considerablemente más débil, es posible incluso que no sea capaz de accionar el motor de arranque a bajas temperaturas.

Una batería con mayor poder eléctrico que la batería original del vehículo, proporcionará un mayor factor de seguridad y una vida más prolongada. Por lo tanto, es un aspecto que debe tenerse en cuenta al tomar la decisión de cambiar la batería.

Si el consumo eléctrico de un vehículo es superior al original por habérsele agregado accesorios o si en su condición de trabajo ocurren frecuentes paradas y arranques, deberá entonces usarse un alternador de mayor capacidad o instalar si entra en el receptáculo de la batería, una de mayor capacidad. Este proveerá a bajas velocidades, mayor poder de recarga, mejorando el rendimiento de la batería.

Asegúrese que la batería de reemplazo sea dimensionalmente adecuada, esto es, que se acomode bien en la bandeja portabatería, que posea el sistema de sujeción adecuado, etc.

Si es más alta que la batería antigua, asegúrese que entre la parte superior de los bornes y el capot del vehículo quede una distancia de, por lo menos, dos centímetros.

Asegúrese de conectar los cables terminales del sistema eléctrico del vehículo a los bornes con la polaridad que corresponda.

Preparación de baterías cargadas en seco (activación)

- Saque los tapones de rosca o tapetas y agregue el electrolito proporcionado junto con las baterías (y no otro), hasta que llegue al nivel indicado en las cajas transparentes o translúcidas.
  En el caso de las baterías con cajas no transparentes, el electrolito debe quedar 15 m/m. por encima de los separadores.
- Deje reposar la batería durante 20 minutos para que las placas y separadores absorban el electrolito. Si el nivel de electrolito bajara, agregar lo necesario para que llegue al nivel antes indicado.

- Verifique su polaridad y estado de carga a través de un téster de descarga.
- En épocas frías, es posible que sea necesario conectar la batería a un cargador, si no se cumple lo indicado en el punto 3. De ser así, ponga en carga la batería por el tiempo necesario hasta que la densidad llegue a 1.280 (12,70 V.), a 26,7°C. y se produzca ebullición en el electrolito de cada celda. En este proceso, use una intensidad de carga de hasta 6 A. para baterías de hasta 45 Ah., de hasta 10 A. para baterías de entre 50 y 98 Ah. y de hasta 14 A. para baterías de capacidades superiores.
  Lo anterior es necesario para producir temperatura en la batería y así el electrolito podrá entrar en contacto con la materia activa de las placas y la batería estará en condiciones de ser instalada.

IMPORTANTE

La temperatura no debe llegar a 50° C. Si la temperatura del electrolito se aproxima a esta temperatura, interrumpir la carga hasta que la batería se enfríe.

- Desconectado ya el cargador, verificar que su polaridad sea la correcta y someter a descarga con un probador o téster.
- La batería debe ser tapada, verificando que los tapones no tengan obstruidos o tapados los orificios de evacuación de gases.

5.2.16. Revisión de la batería y del sistema electrónico del vehículo

Antes de comenzar, lea y entienda lo indicado en el capítulo "PRECAUCIONES DE SEGURIDAD". El uso de herramientas adecuadas evitará posibles accidentes involuntarios.

Los usuarios de baterías deberían saber que éstas son un elemento perecedero y que requieren una atención o cuidado periódicos. Con un cuidado razonable, la vida de la batería aumentará apreciablemente. Las negligencias acortarán la vida de la batería.

Una revisión periódica de la batería puede hacerse cada vez que se hagan revisiones regulares del vehículo o al efectuarle reparaciones menores.

Recuerde que un comprador aprecia que un técnico le indique las necesidades que tiene un producto en el momento de su venta o cuando su vehículo se encuentra en el taller, ya que le evitará visitas posteriores para su revisión.

Una rutina recomendable para la revisión de la batería y el sistema eléctrico del vehículo considera:

- Primero, una inspección visual para detectar cables defectuosos, conexiones inadecuadas, corrosión, recipiente o tapa agrietadas, portabaterías o fijaciones sueltas o deformadas o bornes sueltos. Si hay alguna conexión, debe apretarse convenientemente.

Para sacar la suciedad, corrosión u oxidación, use una escobilla de cerdas metálicas, evitando que dicha herramienta toque a la vez los dos polos de la batería.

La batería debe limpiarse con un paño humedecido con bicarbonato disuelto en agua. Luego repase con un paño con agua limpia y seque. Después de remover el óxido de las piezas con una escobilla de cerdas metálicas, enjuague con agua limpia, seque y pinte con pintura anticorrosiva las superficies metálicas dañadas.

Si los bornes se encuentran sulfatados, saque los terminales desde la batería (desconecte, siempre primero el cable conectado a tierra usando las herramientas adecuadas). Use

una escobilla limpiabornes para eliminar el sulfato y suciedad en bornes (el cable a tierra debe conectarse al final) y apriete adecuadamente.

• El segundo paso a seguir en esta revisión de baterías y sistema eléctrico, es verificar el estado de carga a través de un densímetro.

Si es necesario agregue agua destilada en la cantidad necesaria hasta que el nivel llegue al indicado en la batería (o hasta que sobrepase en, aproximadamente, 15 m/m. el nivel de los separadores). No agregue agua en exceso, dado que esto puede generar la expulsión de ácido junto al gas que produce la batería, causando una corrosión y/o sulfatación de las partes metálicas adyacentes, reduciendo el rendimiento de la batería y acortando su vida.

Luego, debe revisarse el estado eléctrico de la batería. Para esto utilice una linterna o lámpara portátil y verifique la coloración y estado de separadores y placas. Los primeros deben tener un color definido y parejo y las placas deben presentar los colores típicos: las positivas un color café y las negativas grises. Separadores con coloración dispareja, oscuros, con presencia de materia activa en su superficie o bordes superiores quebradizos, son evidencia de haber sido dañados por temperaturas elevadas o por concentración elevada de ácido en el electrolito. Placas deformadas, decoloradas o con su materia activa reblandecida, son evidencia de haber trabajado en un sistema eléctrico defectuoso.

Las dos causas citadas son producto, normalmente, de un fallo del sistema eléctrico del vehículo o de una ubicación inadecuada de la batería.

Cajas deformadas en su laterales, electrolito con coloración café/grisáceo, son también evidencia de lo ya indicado.

NOTA:

Debe tenerse muy presente que un acumulador puede presentar claros síntomas de daños debidos a fallos del sistema eléctrico del vehículo, pese a que en el momento de hacerse una revisión del mismo, éstos no sean detectables. En estos casos es frecuente que el daño se hubiera producido debido a:

a) Sistema eléctrico reparado después de provocado el daño y antes de la revisión de la batería.

b) Fallos intermitentes en la caja reguladora de voltaje.

   b-1. Suelen detectarse dando ligeros golpes a la carcasa o tapa. Se verá que la aguja del voltímetro sobrepasa la posición anterior.

   b-2. Oscilaciones permanentes en la aguja del voltímetro, manteniéndose una aceleración constante del motor del vehículo y aunque los voltajes medios estén dentro de valores aceptables. (14 a 14,8 V.)

c) Haber sido conectada a un cargador con un régimen y/o tiempo de carga mayores que los recomendados.

d) Mala conductividad eléctrica a través de una toma de tierra o masa insuficiente, producen visualmente síntomas de sobrecarga

e) Si el motor de arranque del vehículo consume más amperes que lo especificado por el fabricante, ya sea por cortocircuito u otro fallo eléctrico, provoca por **sobrecarga**, daños que, a simple vista, serían atribuibles a una sobrecarga.

Separadores fuera de la posición original, bornes separados de la tapa, indican una fijación inadecuada de la batería.

Si la batería está a plena carga, no se encuentra quemada o dañada, no presenta desprendimiento de materia activa y soporta test de descarga o de poder de arranque,

se puede entonces revisar el sistema eléctrico del vehículo con la misma batería. De lo contrario, para efectuar el control del sistema eléctrico del vehículo, debe necesariamente instalarse otra batería que se encuentre en buenas condiciones y con toda su carga.

Para una buena revisión del sistema eléctrico del vehículo, recomendamos el uso de un téster que permita controlar:

a) Poder de arranque en baterías de 12 V.
b) Consumo del motor de arranque
c) Voltaje que llega a la batería enviado por el generador o alternador a través del regulador de voltaje (con y sin consumo).
d) Corriente de carga que llega a la batería (con y sin consumo).
e) Corriente de descarga individual de luces, motor del calefactor, etc.
f) Pérdida de corriente en el sistema eléctrico.



NOTA:

El voltaje indicado en c), debe ser de 14,4 V.+ 0,4.

De acuerdo con lo indicado anteriormente, es esencial para poder revisar una batería y el sistema eléctrico de un vehículo, contar con instrumentos tales como un densímetro (con lecturas para densidades claramente visibles) y un téster.

5.2.17. Precauciones de seguridad

Las baterías contienen, en cada una de sus celdas y en forma permanente, ácido sulfúrico y también una mezcla explosiva de gases formada por oxígeno e hidrógeno. Por ello, esta sección del manual está enfocada a las precauciones de seguridad que deben tomarse cuando se trabaje con baterías, ya sea al activarlas, cargarlas, instalarlas, manipularlas, etc.

5.2.18. Manipulación de ácido y baterías

Cuando se trabaje con ácido, como al activar baterías cargadas en seco, use **gafas y ropa protectoras**. Extreme el cuidado para evitar derrames o salpicaduras de electrolito (que es ácido sulfúrico diluido), ya que éste puede destruir la ropa o quemar la piel. Cuando manipule baterías con cajas de plástico, una presión excesiva producida sobre las paredes laterales, podrá ocasionar derrames de electrolito por los orificios de ventilación de los tapones. Por lo tanto, deben ser siempre tomadas de tal modo que las manos queden en esquinas opuestas. Si el electrolito se vertiera o derramara en su ropa o piel, deberá ser neutralizado de inmediato con una solución de bicarbonato y agua y luego lavado con abundante agua limpia.

La salpicadura de electrolito en los ojos es extremadamente peligrosa. Si esto llega a suceder, deben abrirse los párpados y lavar el ojo abundantemente con agua fría y limpia durante aproximadamente 5 minutos. Luego, debe recurrirse de inmediato a un médico

para que lo atienda de forma urgente. No usar ningún tipo de gotas o medicamento sin prescripción médica.

No deje baterías o ácido al alcance de los niños. Si bebe ácido o electrolito, tome agua o leche en forma abundante. Luego beba leche de magnesia, huevos batidos o aceite vegetal. Llame al médico inmediatamente.

Si el electrolito se vierte o salpica en alguna parte del vehículo, debe neutralizarse con una solución de agua limpia con bicarbonato.

Si se necesita preparar un electrolito de densidad determinada, siempre vierta el ácido concentrado lentamente sobre el agua; **nunca el agua sobre el ácido**. Agregue pequeñas cantidades de ácido mientras revuelve el líquido y deje enfriar (sin seguir agregando ácido); si nota que se genera temperatura, **no** use recipientes o embudos metálicos, salvo que sean de plomo o forrados en plomo. **No almacene ácido en zonas excesivamente calurosas o bajo la acción directa de la luz solar.**

5.2.19. Peligros al explotar una batería

Las baterías expelen gases explosivos. Manténgalas permanentemente alejadas de chispas, llamas, cigarrillos o cualquier fuente de ignición. Cuando trabaje con una batería use siempre unas gafas protectoras.

Nunca se debe trabajar cerca de una batería, esté instalada en el vehículo o en la mesa de trabajo, sin aplicar las precauciones de seguridad descritas en este manual.

El personal debe estar familiarizado con los procedimientos necesarios para cargar o revisar una batería, como también, para poner en marcha el motor del vehículo mediante "puente".

Al usar cualquier equipo, como cargador o téster, **deben necesariamente seguirse las instrucciones de su fabricante.**

Durante el funcionamiento normal de una batería se producen gases de oxígeno e hidrógeno que salen de ella por los orificios de los tapones o tapetas y pueden producir a su pueden permanecer en su interior o a su alrededor por varias horas después de cargada o de haber estado trabajando en el vehículo.

Aunque los tapones de las baterías posean un sistema antillama diseñado para prevenir la ignición, las chispas llamas u otras fuentes generadoras de fuego, deben mantenerse siempre alejadas de las baterías. Aunque se disponga del más moderno diseño de tapón, una chispa externa puede encender los gases interiores de la batería, producir una explosión y destrozarla. Alguien ubicado cerca de ésta puede ser dañado, incluso en los ojos, al recibir pedazos de cubierta, caja ó ácido de la misma. Al trabajar cerca de una batería cuando se la esté cargado, probando o sometiendo a arranques, asegúrese de que los terminales del cargador estén limpios y haciendo buen contacto con los bornes de la batería. Conexiones inadecuadas (sueltas o sucias), pueden producir un arco eléctrico con el consiguiente riesgo de explosión al entrar en contacto con los gases de la batería.

Evite que herramientas u otros objetos metálicos hagan contacto entre el terminal que no está conectado a masa o tierra y cualquier otra parte adyacente metálica del vehículo que esté conectada a tierra. No fume cuando trabaje bajo el capot de un vehículo o cuando esté cerca de la batería. Nunca encienda fósforos o acerque llamas a una batería.

5.2.20. Carga de baterías

El lugar donde se estén cargando baterías deberá estar siempre bien ventilado. No conecte una batería al cargador sin estar usando gafas protectoras. No olvide que siempre hay gases presentes en las celdas de las baterías.

Aunque la batería esté inactiva, genera pequeñas cantidades de hidrógeno debido al proceso de autodescarga. Este gas se acumula en las celdas y puede explotar con una chispa, llama, cigarrillo, chispa producida por una conexión defectuosa o por un contacto entre un terminal que no va a tierra y una parte metálica adyacente conectada a tierra.

Dado que exteriormente no es posible determinar si los tapones poseen interiormente un dispositivo antillama o no, es recomendable entonces que, al estar la batería en carga, no estén los tapones puestos en las baterías.

Algunas baterías del tipo ***maintenance free*** poseen un sistema tan avanzado de ventilación en el interior de la cubierta que, no sólo reducen la pérdida de agua al reintegrar los vapores a la solución electrolítica, sino que, además, canalizan los gases de hidrógeno, alejándoles de los bornes, reduciendo así la posibilidad de explosión y eliminando prácticamente la corrosión de ellos.

Siempre deben usarse gafas protectoras al estar trabajando cerca de una batería y observar las instrucciones indicadas en este manual.

No someta a carga una batería a no ser que Vd. esté totalmente familiarizado con cada paso a seguir en ese proceso. Siga las indicaciones del fabricante del cargador y si no están en el mismo, solicítelas antes de usarlo. Nunca use un cargador sin haber antes leído las instrucciones de uso.

5.2.21. Activación y carga

Como se ha indicado anteriormente, las baterías cargadas en seco son aquellas que llegan al punto de venta con toda su carga pero sin electrolito en su interior. Éste es proporcionado en bidones y para poner en uso una batería cargada en seco, es necesario someterla al proceso de activación.

5.2.22. AActivación de una batería cargada en seco

Revisar cuidadosamente que no tenga daños por golpes, lo cual significará una filtración posterior del electrolito.

Sacar los tapones de ventilación de la tapa (si alguno trae algún sistema de sellado con cera o cinta, quítelo).

Llenar cada celda con el electrolito proporcionado junto con las baterías hasta el nivel indicado en el lateral de la batería.

En el caso de baterías con cajas que no traen indicado el nivel, éste debe sobrepasar en aproximadamente 15 m/m. el nivel superior de los separadores y no más.

Después de haber llenado la última celda, deje reposar la batería por algún tiempo. Si el nivel de electrolito disminuye, agregue hasta llegar sólo al nivel correcto.

Durante épocas templadas, la temperatura ambiente y la que se genere en el interior de la batería una vez agregado el electrolito, es suficiente para disolver la película de material inerte con que se cubren las placas para evitar que sean dañadas por la acción del oxígeno del aire mientras están en stock

Revise la polaridad correcta de la batería y sométala a test de carga o de poder de arranque.

Coloque cada uno de los tapones.

La batería está lista para ser instalada en el vehículo.

NOTAS:

Al objeto de obtener un mejor y más rápido proceso de activación, es recomendable que la temperatura del electrolito y de la batería a activar sea la misma. Esto se consigue fácilmente si ambos se han almacenado en un lugar que mantenga igual temperatura

En épocas frías, dado que la temperatura ambiente y la que se genera en el interior de la batería al agregar el electrolito, no es suficiente para disolver la película con la que se cubren las placas, es necesario hacer subir la temperatura del electrolito para que así se disuelva y, además, comience el electrolito a reaccionar con la materia activa de las placas y, por lo tanto, la batería pueda entregar la energía en ella acumulada. Lo anterior se consigue conectando la batería a un cargador (positivo del cargador al borne positivo de la batería y negativo del cargador al borne negativo de la batería), a los regímenes de carga que indicamos de acuerdo a lo siguiente:

Para baterías cuya capacidad en Ah. es de:	Cargar con:
26-45	6 A.
50-98	10 A.
100-200	14 A.

Asegurese que no tenga puestos los tapones de cada vaso. Mantenerla en carga por el tiempo necesario hasta que el electrolito de la batería ebulla en forma abundante y su densidad llegue a 1.280 (12,70 V.) a 26.7°C. Controle que la temperatura del electrolito no sobrepase los 50° C. Si la temperatura del electrolito se aproxima a esta temperatura, interrumpir la carga o disminuir la corriente de carga hasta que la batería se enfríe. En este momento desconéctela del cargador, séquela y ponga los tapones de cada celda. Ya puede ser instalada en el vehículo (previa revisión de su polaridad y test de descarga).

5.2.23. Carga de una batería húmeda que se ha descargado

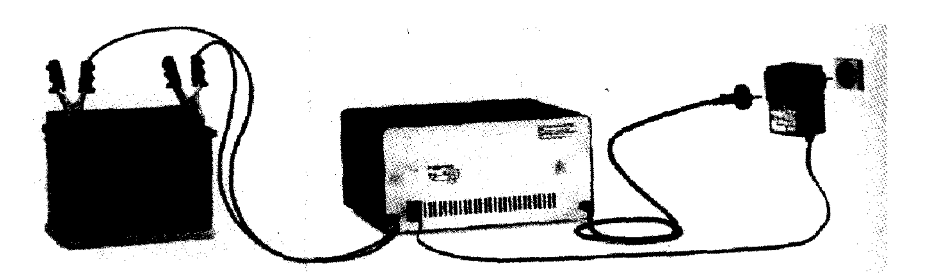
Una batería que ha perdido su carga puede ser nuevamente cargada. Para eso es necesario:

Revisar visualmente la batería verificando que su caja y cubierta no están dañadas, que sus placas y separadores no están dañados, que el nivel del electrolito sea el adecuado y que su polaridad es correcta.

Si el nivel de electrolito está bajo, lo recomendado es agregar **solamente agua destilada** hasta que alcance el nivel correcto.

- Verificar que el cargador esté desconectado y conectar la batería al cargador, de tal manera que el positivo del cargador quede en el borne positivo de la batería. (Si se va a cargar más de una batería, deben observarse estrictamente las instrucciones del fabricante del cargador, ya que no todos usan las conexiones en serie). Medir densidades de cada elemento, anotando sus valores así como la hora en que se efectuó la medición.

- Activar el cargador y regular a un régimen de carga de acuerdo al que corresponda a la batería, según se indica en "Especificaciones Técnicas de Baterías". Si se han conectado una serie de baterías, debe usarse para el conjunto del régimen de carga, en amperes, que le corresponda a la de menor amperaje, para que así ésta no se dañe.



NOTA:

- Controle que la temperatura del electrolito no sobrepase los 50° C. Si se aproxima a esta temperatura, interrumpir la carga o disminuir la corriente de carga hasta que la batería se enfríe.
- Controlar cada tres horas la densidad de cada celda, anotando sus valores. Cuando la densidad a 26,7°C. sea de 1.280 (12,70 V.) en cada celda, continúe la carga, efectuando ahora mediciones de densidad cada hora. Después de tres controles consecutivos en que la densidad de cada celda no registre variaciones, puede desconectar la batería del cargador. Para esto, primero verifique que el cargador esté desconectado. Si durante el proceso de carga bajase el nivel de electrolito, regúlelo al adecuado usando sólo agua destilada.

IMPORTANTE:

El lugar donde se cargan baterías debe ser abundantemente ventilado y estar lejos de chispas, llamas o cualquier elemento que pueda encender el hidrógeno que se desprende durante este proceso. No debe permitirse fumar en la zona.

Nunca someta baterías a cargas rápidas. Esto acortará la vida de ellas.

RECARGA DE UNA BATERÍA

INTENSIDAD DE RECARGA ==> $0,05 \times C_{20}$

Ejemplos:

47 Ah = 0,05 x 47 = 2,35 A

55 Ah = 0,05 x 55 = 2,75 A.

70 Ah = 0,05 x 70 = 3,50 A.

95 Ah = 0,05 x 95 = 4,75 A.

DURACION DE LA RECARGA => 24 horas x (100-E.C.)/100

Ejemplos:

75% = 24 x (100 - 75) /100 = 6 horas

50% = 24 x (100 - 50) /100 = 12 horas

25% = 24 x (100 - 25) /100 = 18 horas

Totalmente descargada => 24 horas

5.2.24. Cómo realizar una conexión para ayudar al arranque de otro vehículo

-Lea cuidadosamente lo indicado en el capítulo "Precauciones de Seguridad". Recuerde que las baterías producen gases explosivos y, por lo tanto, pueden explotar.

- Estas indicaciones están destinadas a minimizar los peligros de explosión.
- Mantenga alejados chispas, llamas, cigarrillos, etc. de las baterías.
- Proteja sus ojos con gafas adecuadas y no se apoye en las baterías durante el tiempo que dure este proceso.
- utilice cables adecuados y con pinzas en buenas condiciones.
- Asegúrese que las baterías sean del mismo voltaje (6 V. ó 12 V.).
- Ubique el vehículo que le ayudará con la batería en él instalada, lo más cerca posible del vehículo que va a ser ayudado (sin que queden en contacto), de manera que los cables de ayuda puedan ser conectados de forma fácil y segura en ambas baterías.
- Asegúrese de que en ambos vehículos estén desconectados todos los accesorios o partes eléctricas, como también que la transmisión automática esté en "park", la transmisión mecánica en "punto muerto" y estén con sus frenos de mano activados.
- Determine si la batería descargada tiene el borne negativo o positivo conectado a masa. El cable a masa va conectado al bloque del motor, chasis o a otra parte metálica del mismo que actúe como masa.
- Como referencia se puede indicar que la totalidad de los vehículos fabricados en EE.UU. desde 1.967 en adelante, tienen el borne negativo conectado a tierra. Lo mismo sucede con los europeos y asiáticos desde 1.971 en adelante.
- Asegúrese de que todas las tapas de las celdas estén debidamente apretadas en ambas baterías. Ahora siga la secuencia que indicamos a continuación (**sólo para vehículos con negativo a masa y usando cables adecuados y con sus pinzas en buenas condiciones**):

1. Conecte cada extremo de uno de los cables con cada borne positivo de las baterías.
2. Conecte un extremo del segundo cable al borne negativo de la batería ayudadora.

IMPORTANTE:

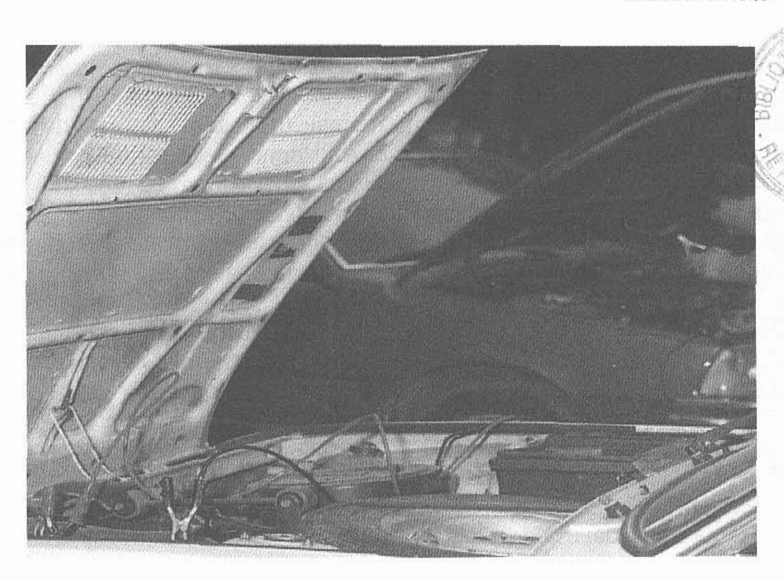
Conecte ahora el otro extremo del segundo cable a un lugar alejado de la batería en alguna zona del bloque del motor, chasis u otra parte metálica del vehículo a ayudar (que actúe de masa), exceptuando el carburador.

3. Cuide que los cables no queden cerca de las aspas del ventilador u otras partes móviles de los motores de ambos vehículos. Ahora ponga en marcha el motor del vehículo que tiene instalada la batería ayudadora. Espere algunos minutos y luego ponga en marcha el motor del vehículo que tiene la batería descargada.

4. Si el vehículo no arranca después de 30 segundos, **no continúe tratando de hacerlo arrancar.** En esta situación el motor debe ser revisado mecánica y eléctricamente.

5. Después de haber puesto el motor en marcha , déjele funcionar en "ralentí", retire la conexión a masa del vehículo ayudado y luego el otro extremo del mismo cable desde el vehículo ayudador.

6.Retire el otro cable desconectando primero el extremo desde la batería descargada y al final el extremo opuesto del cable de la batería ayudadora.



5.2.25. Garantía

Las baterías, como cualquier producto resultante de un proceso industrial, están expuestas a presentar fallos durante su funcionamiento. Dependerá de la calidad del proceso productivo y de la calidad de los componentes usados en su fabricación, el obtener baterías con un bajo factor de fallos.

Tratándose de baterías de arranque para vehículos y del tipo plomo-ácido, pueden enumerarse los fallos que los procesos y controles mencionados pueden eventualmente dejar pasar y que se harán notorios cuando el producto entre en servicio. También, y por tratarse de condiciones de uso similares, pueden citarse los daños más corrientes que un usuario puede provocarle a una batería.

La enumeración de estos fallos y daños típicos, aceptados y reconocidos por los grandes fabricantes de baterías del mundo, han determinado un criterio uniformemente técnico para definir cuando una batería presenta un fallo atribuible al proceso de fabricación y cuando se produce por una manipulación u operación inadecuada por parte del usuario,

Con esta definición, es fácil para los fabricantes, fijar coherentemente las pautas para ser otorgadas las garantías de calidad que normalmente acompañan a este producto y cuya validez en el plazo de garantía dependerá, en gran medida, la calidad del producto de un real respaldo del fabricante.

5.2.26. Fallos de fabricación cubiertos por la garantía

Caja o tapa con porosidades

Placas sulfatadas en algún elemento

Filtración de electrolito hacia el exterior por la unión entre caja y tapa (batería con monotapa).

Esquema invertido.

Cortocircuito de algún elemento.

Pared divisoria entre dos elementos quebrada (trizada).
Conexiones internas interrumpidas.
Baterías nuevas activadas y sin poder de arranque (después del refuerzo de carga).
Bornes con fallos o sueltos por defectos de soldadura.
Conexiones con fallos por soldaduras deficientes.

También y como una manera de simplificar el sistema de aplicación de la garantía, se indican aquellos daños más comunes provocados por el usuario y que determinan que el producto pierda el amparo de la garantía.

5.2.27. DAÑOS POR USO NO CUBIERTOS POR LA GARANTIA

- Adulteración o ausencia del código de garantía.
- Reclamación presentada fuera del plazo de garantía.
- Reparada por terceros.
- Uso incorrecto.
- Baterías usadas con los tapones obstruidos.
- Caja rota (por causa externa).
- Cubierta quebrada, trizada o rota (por causa externa).
- Placas sulfatadas en todos los vasos.
- Sin electrolito o nivel bajo.
- Bornes rotos o en mal estado.
- Conexiones rotas o en mal estado por causa externa.
- Batería descargada.
- Separadores rotos cerca de la tapa.
- Placas sobrecargadas o placa deformada.
- Electrolito contaminado (de fácil identificación).
- Electrolito con densidad alta.
- Electrolito con densidad baja después de recargada la batería.

5.3. Baterías de bajo mantenimiento y sin mantenimiento

La diferencia entre éstas y las convencionales consiste en la constitución de las placas. En las convencionales las rejillas de las placas son de plomo y antimonio, siendo éste último el motivo de la continua evaporación de agua.

En las baterías de bajo mantenimiento se reduce la proporción de antimonio, con lo que se disminuye la evaporación del agua y se amplían los plazos de mantenimiento.

En las baterías sin mantenimiento las placas positivas son de plomo-antimonio, de bajo contenido en éste último, y las negativas de plomo-calcio. Los separadores evitan el desprendimiento de la materia activa de las placas, con lo que se consigue reducir el espacio dedicado al depósito de los sedimentos, al disminuir estos, y así se puede aumentar el nivel de electrólito por encima de las placas, garantizando permanezcan sumergidas durante la vida de la batería, eliminando el mantenimiento.

6. ARRANQUE

Para poner en marcha los motores de combustión interna, es preciso hacerlos girar por medio de un dispositivo auxiliar, ya que no pueden ponerse en marcha por sí solos como los motores eléctricos o de vapor, hasta hacerles alcanzar su ciclo de funcionamiento autónomo. Entre los diversos medios para arrancar un motor térmico: *motor de arranque eléc-*

trico, motor de arranque neumático, motor de arranque hidráulico y motor térmico, el motor de arranque eléctrico es suficiente para satisfacer las necesidades de arranque de los vehículos, tanto de turismos como industriales.

Un motor eléctrico es de constitución igual a una dinamo. En vez de hacer girar el inducido para que "nazca" corriente, aquí se hace pasar una corriente procedente de la batería por el inductor y el inducido, y éste se pone a girar desarrollando la energía mecánica que hace falta (Fig.11.53): la diferencia principal en los motores de arranque respecto a las dinamos estudiadas es que los inductores, aquí *estátor*, no están en derivación sino en serie con el inducido (*rotor*), o sea, que la corriente de la batería los recorre a continuación siendo indiferente que primero pase por uno que por otros. El movimiento se produce porque las espiras del rotor, al ser recorridas por una corriente se convierten en electroimanes, cuyos polos son atraídos por los polos fijos del estátor, y como gracias al colector los polos del rotor cambian en cuanto giran lo suficiente para ponerse en frente de sus contrarios del estátor, vuelven a ser atraídos los nuevos polos, y así sucesivamente. La fuerza de los motores eléctricos no es más que atracción de polos magnéticos de nombre contrario.

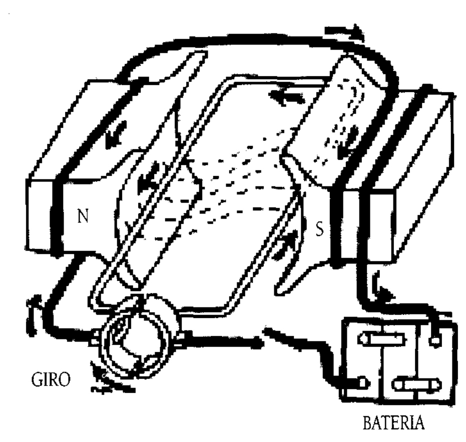


Figura 11.53.

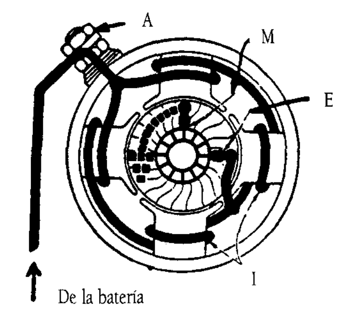
Otra diferencia entre dinamos y motores eléctricos para automóviles es que, por necesitarse bastante potencia para mover el frío motor del vehículo, la corriente tiene que ser muy intensa y, por tanto, los conductores muy gruesos.

Los motores pueden ser bipolares (Fig.11.53), o de cuatro o seis polos.

La figura 11.54 es el esquema de uno tetrapolar en el que la corriente de la batería entra por el borne A, se divide en dos ramas o circuitos, cada uno a una pareja de polos I, que vuelven a unirse para que la corriente entre en el rotor por una escobilla y, después de recorrerlo, salga a masa por la otra.

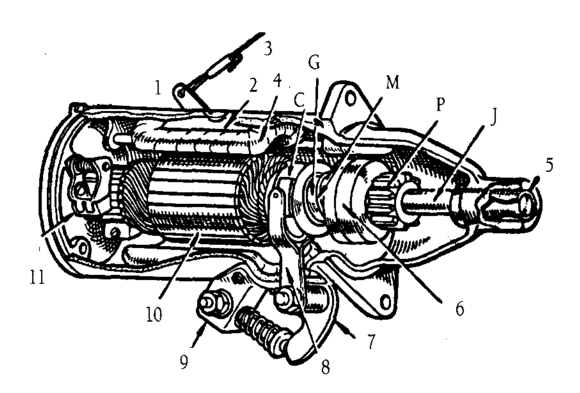
La constitución interna de un motor de arranque, o *arrancador*, bipolar se muestra en la figura 11.55 cuya leyenda explica los elementos.

El motor eléctrico se monta sobre el cárter superior del motor del vehículo (Fig.11.56) de tal modo que el piñón 7, que lleva en el extremo de su eje 10, engrane con la corona dentada 8 de la periferia del volante. De esta forma cuando gire el motor eléctrico obligará a girar también al motor del automóvil y podrá arrancar. El tamaño del piñón 7 depende de la velocidad propia del arrancador eléctrico y de la dimensión del volante con que ha de engranar, por que debieran conseguirse unas 100 rpm para el motor de gasolina y unas 400 rpm para un motor diesel, en



Esquema de motor tetrapolar con dos escobillas (una a masa).

Figura 11.54.



Detalle interior de un motor de arranque.
1. Palanca que, al tirar del cable 3 desde el tablero, gira, por detrás del motor, el brazo 7, el cual corre la horquilla 8 y, al final, cierra el interruptor 9.
2. Polo del estátor, con su bobina 4.
5. Cojinete extremo del eje del rotor 10.
6. Acoplamiento libre.
11. Escobilla.

Figura 11.55.

el peor de los casos (motor y tiempo fríos). Según la cilindrada, el piñón 7 tiene entre 9 y 17 dientes, y la corona entre 90 y 170; en algunos casos hay un engranaje reductor en el eje 12 para hacer la reducción del giro en dos veces.

Ahora bien, es necesario disponer el aparato de tal modo que en el momento que arranca el motor del vehículo se desacople el piñón 7 del volante 8, pues si no, ahora sería el motor el que obligase a girar al eléctrico y lo haría a tal velocidad, arrastrado por el engranaje citado, que se rompería. Ello se consigue por los procedimientos que a continuación se exponen.

6.1. Eclipse Béndix

El eje del motor de arranque (Fig.11.56) se prolonga desde la cabeza 12 hasta el apoyo 6 introduciéndose en el manguito 10-5 que lleva una rosca sobre la que puede avanzar o retroceder, al atornillarse el piñón 7 con un contrapeso excéntrico 4. El muelle 11 sujeta en 1 al eje 12, y en 2 al manguito 10-5, de modo que ambos quedan enlazados elásticamente.

Supóngase que se quiere arrancar el motor del vehículo: 7 estará desacoplado del volante 8. Al cerrar el interruptor de arranque la corriente de la batería entra por el borne Z y el motor de arranque se pone a girar y con él el manguito 10; como el piñón 7 tiende a quedarse quieto por la resistencia a la inercia que ofrece el contrapeso excéntrico 4 a dar vueltas, el eje 10 es el que gira dentro del piñón 7, obligándole a desplazarse hacia la derecha hasta que tropieza con el tope 5 y se pone a girar también. Durante su desplazamiento ha engranado con el volante 8, de modo que en cuanto se pone a girar obliga a hacerlo también al motor del vehículo, que arrancará en la forma explicada. En cuanto el motor del automóvil se mueve por sí solo,

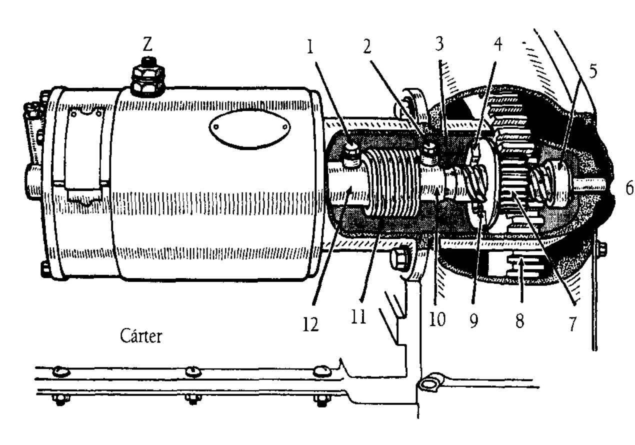


Figura 11.56.

se suelta el interruptor de puesta en marcha para parar el motor eléctrico, y se obtiene el desacoplamiento del piñón Béndix 7, por que ahora el volante 8 le hará girar más deprisa que el motor eléctrico, que tiende a pararse, y por consiguiente se atornillará sobre la rosca del eje 10, retrocediendo y eclipsándose hasta su posición primitiva. En este sitio es suavemente retenido por un trinquete de resorte 9, que entra en la garganta 3 del eje 10 y que no le impide, sin embargo, salir a funcionar cuando vuelva a usarse la puesta en marcha. Sobre la rosca del manguito, entre el piñón 7 y el tope 5, hay un ligero resorte (no dibujado) que es vencido cuando 7 tiene que avanzar a arrancar el motor, pero que le ayuda a retirarse después y a quedar contenido en la posición de reposo.

6.2. Acoplamiento libre

Entre el manguito G y el piñón P (Fig.11.55) hay un mecanismo de *acoplamiento libre* 6 que consiste (Fig.11.57) en unas rampas en la periferia del miembro conductor interior, que es el manguito G, rodeadas por una corona P que forma parte del piñón; en los espacios entre las rampas y la corona hay unos rodillos apoyados sobre pequeños resortes. Cuando J y G se ponen a girar (detalle 1, momento del arranque) los rodillos ruedan arrastrados sobre la rampa y se acuñan contra la corona, que se ve obligada a girar con el manguito G; o sea que el piñón P (Fig 11.55) es obligado a girar con el eje J, pero en cuanto arranca el motor del vehículo su volante obligará a P mucho más deprisa: entonces (Fig.11.57) P arrastra a los rodillos contra los resortes, ocupando la parte más ancha y libre de las rampas, con lo que dejan de hacer cuña y se suelta P de G; no se transmite movimiento de aquel a éste.

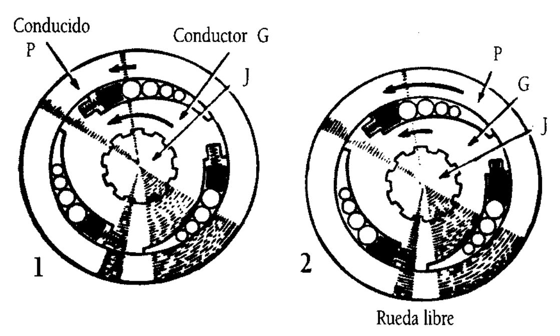


Figura 11.57.

6.3. Acoplamiento con mando directo y relé

El interruptor de arranque ha sido de pedal durante muchos años; después se accionaba con un cable desde el tablero y en la actualidad se utiliza un interruptor auxiliar que envía corriente a un relé. Este interruptor auxiliar lo normal es que se mande con la misma llave del contacto al girarla, desde la posición de "estar dado", un poco más, venciendo un resorte interior. En la figura 11.58 se dibuja una instalación de arranque con relé y mando directo del piñón de engrane: de la batería se deriva un circuito que pasa por el contacto B del tablero y sigue el arrollamiento del relé y masa. Cuando se acciona la llave de contacto y se lleva a la posición de arranque, cerrando el circuito, la corriente activa el electroimán del relé, que atrae su núcleo deslizante N y cierra el circuito a la gran corriente de arranque por los gruesos contactos del interruptor J; al mismo tiempo el otro extremo del citado núcleo tira y hace oscilar la palanca K, que empuja el collar G, obligando al piñón P a engranar con la corona dentada del volante.

6.4. Consideraciones comunes

Con el eclipse Béndix el engrane del piñón de arranque con la corona se hace mecánicamente, por inercia. Cuando se usa acoplamiento libre, antes de arrancar el motor, es necesario desplazar el piñón para mantenerlo engranado con la corona, mediante un gasto de electricidad que resulta bastante apreciable. Como los motores modernos requieren un enorme esfuerzo inicial para el arranque (son sólo unos segundos, pero durante ellos la batería cede un gran amperaje) se procura que una vez engranado el piñón con la corona el relé deje de gastar lo más posible en beneficio del arrancador. Para ello se usan los relés con doble arrollamiento, *solenoide*, también llamado *contactor electromagnético* (Fig.11.59); con este dispositivo se realizan las dos funciones: *alimentar el motor de arranque y engranar el piñón de la corona*. El campo magnético se crea por dos bobinados, el de "llamada", que atrae el núcleo pero no tiene suficiente fuerza para retenerlo, y el de "mantenimiento", que refuerza al anterior y lo retiene desplazado.

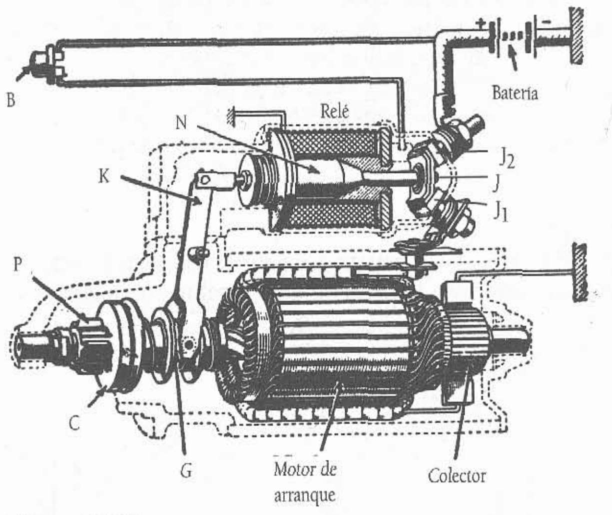


Figura 11.58.

Al accionar la llave de contacto se alimentan los *bobinados, el piñón* avanza empujado por la horquilla al girar sobre su eje y la placa de contacto toca los bornes, *conectando la batería* con el motor de arranque y permitiendo su alimentación con la potencia adecuada. El motor eléctrico comienza a girar y se produce el arranque del motor térmico (los bobinados del contactor están alimentados para mantener el piñón engranado en la corona y la placa de con-

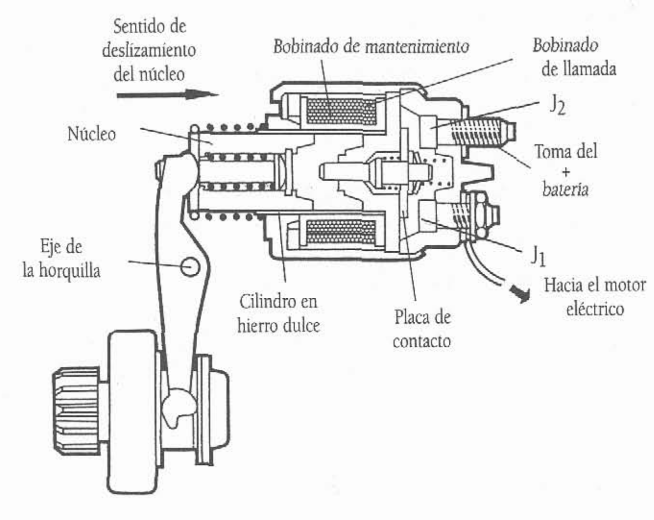


Figura 11.59.

tacto, haciéndolo); al arrancar el motor térmico la rueda libre entra en acción hasta que deja de accionarse la llave de contacto. En este momento la corriente que alimenta el bobinado de llamada se invierte y anula al de la bobina de mantenimiento, que se mantiene en el mismo sentido. La acción del muelle de la horquilla lo devuelve a su posición inicial.

En la figura 11.60 se muestra la constitución interna de un motor de arranque y contactor electromagnético.

Arrancador con piñón deslizante y movido por rosca.
1. Carcasa polar
2. Zapatas polares, inductor
3. Devanado de excitación
4. Inducido
5. Colector
6. Rosca de gran paso
7. Tapa lado accionamiento
8. Tapa lado colector
9. Portaescobillas
10. Piñón
11. Acoplamiento libre de rodillos
12. Disco de freno, impide la rotación libre del inducido por vibraciones
13. Anillo de guía
14. Palanca de engrane
15. Relé de engrana
16. Bobinado de mantenimiento
17. Bobinado de llamada
18. Perno de conexión. Toma del positivo de batería
19. Placa de contacto

Figura 11.60.

Como la corriente que gasta el arranque eléctrico es muy intensa (llega a valer 300 amperios), no debe mantenerse el sistema funcionando más de cinco segundos cada vez, pues la batería se estropearía rápidamente con una descarga seguida tan intensa. La llave de contacto debe soltarse en cuanto el conductor percibe las primeras explosiones del motor térmico.

A veces hay un interruptor suplementario en la palanca de cambio que impide dar corriente al arranque si no está en punto muerto. En algunos vehículos funciona el motor tan silencioso y exento de vibraciones que no se da uno cuenta de que está girando; para evitar darle corriente de arranque cuando esté en marcha, existe otro interruptor accionado por el vacío de la admisión.

Como la corriente es tan intensa, los cables deben ser muy gruesos y lo más cortos posible de batería al contactor y de éste al motor de arranque.

El servicio de arranque eléctrico del motor de un automóvil está señalado dentro de la instalación general de electricidad del vehículo en la figura 14.6.

7. ESQUEMA GENERAL DE LA INSTALACIÓN

En cada circuito de los existentes en el sistema eléctrico se intercala un fusible que con su inutilización evita mayores averías. No debe olvidarse que cuando un fusible se funde no basta generalmente con sustituirlo, pues la causa de la sobretensión permanece. Generalmente se instalan en una caja llamada "de fusibles", que los agrupa y facilita su ins-

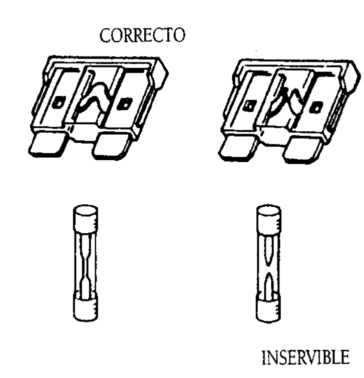


Figura 11.61.

pección. En la figura 11.61 se puede observar como diferenciar su estado. Es muy importante no variar las características del fusible, pues si se aumentan sus amperios máximos desaparece su función de protección y si se disminuyen se fundirá sin motivo en cualquier momento.

En la figura 11.62 se dibuja el esquema que enlaza los diversos componentes de la planta eléctrica hasta aquí expuestos; supone que la generación de corriente es por dinamo, el que, como ocurre con la práctica totalidad de los vehículos en la actualidad, lo sea con alternador, no influye para nada a lo que sigue, por que todos los servicios se hacen con corriente continua (de la batería).

PRODUCCION
y envío al Depósito
Regulador
Disyuntor
Corriente
Voltaje
B
GD
Masa
A
F
a
f
DINAMO
Masa
Al primario
del ENCENDIDO
Q
P
Luces
Faros
Otros
servicios
CONSUMO
DESCARGA
CARGA
AMPERÍMETRO
L
Interruptor
de
arranque
K
DEPÓSITO
H
G
C
Masa
N
M
Z
5
7
Masa
Arranque

Figura 11.62.

Conviene observar:

1º. El enlace directo por cables gruesos de la batería (*depósito* de electricidad) al motor de arranque.

2º. Cómo desde el borne K de entrada al interruptor de aquél sigue la corriente del amperímetro.

3º. Que del borne L de entrada del amperímetro se saca el circuito de la bocina que, generalmente, no pasa por dicho aparato de medida.

4º. Cómo a la salida P del amperímetro hay dos ramales: uno al disyuntor-regulador-dinamo (*producción* de electricidad), y el otro a la caja Q de distribución de corriente, al sector de *consumidores* (al encendido y a las luces y demás servicios, con sus interruptores particulares J, a veces combinados).

Puede dividirse, pues, la instalación en tres grandes grupos: *producción* de electricidad en el generador y puesta en condiciones por los reguladores; almacenamiento en el *depósito* que es la batería, y circuito de *consumo*, a su vez subdividido en: los controlados por el amperímetro ("encendido" por un lado y por el otro luces, faros, radio, etc.), y los que no pasan por el amperímetro (arranque y, a veces, bocinas).

El esquema general se detallará en las figuras 14.5 a 14.9.

8. AVERÍAS EN LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

8.1. Dinamo

1. Con el motor parado y la llave de contacto accionada, la lámpara de control permanece apagada. La lámpara puede estar defectuosa; conexiones sueltas o defectuosas; regulador averiado.
2. Con el motor en marcha la lámpara de control aparece encendida. La dinamo no carga, lo cual puede ser debido a encontrarse deteriorada en algunos de sus componentes, correa rota,que patina, conexiones sueltas.
3. Baja producción de corriente de la dinamo. Dinamo defectuosa (colector sucio, cortocircuito en los inductores o en el inducido, derivaciones a masa, etc.), correa de arrastre destensada o desgastada, conexiones sueltas o conductores parcialmente rotos, regulador defectuoso.
4. Corriente de carga alta; las lámparas se funden, la dinamo se calienta. Ello es debido a encontrarse defectuoso el inductor de la dinamo o a un alto voltaje de regulación, por encontrarse el regulador defectuoso.

8.2. Alternador

1. Con el motor parado y la llave de contacto accionada, la lámpara de control o testigo de carga permanece apagada. La lámpara puede estar defectuosa; conexiones sueltas o defectuosas; regulador averiado.
2. Sin accionar el contacto y a motor parado, el testigo de carga permanece encendido. El diodo positivo del puente rectificador está en cortocircuito.
3. Con el contacto accionado y el motor en marcha, la lámpara de control permanece encendida. El alternador no carga porque la correa de arrastre patina o está rota; alguno de los componentes del alternador está defectuoso. El regulador se encuentra averiado. Conexiones sueltas.
4. Con el motor en marcha y el testigo de carga apagado, la batería se calienta en exceso.

El regulador se encuentra defectuoso; mal aislamiento del rotor o mala conexión del regulador al alternador.

8.3. Batería

1. Excesivo consumo de agua en un vaso. Posible fisura en un tabique del recipiente o avería en el elemento de que se trata.
2. Consumo excesivo de agua en la batería. Puede producirse por sobrecargas originadas por el regulador, en cuyo caso hay que dirigirse al servicio de electricidad correspondiente. En las baterías convencionales se considera normal una pérdida de agua de 20 a 30 centímetros cúbicos cada 2.000 Kms., lógicamente dependiendo de la época del año. Así mismo durante el proceso de carga de la batería hay una pérdida de agua que hay que reponer, pues de lo contrario un exceso de ácido, que no se evapora, puede dañar los separadores. Por otro lado, un bajo nivel del electrolito, por debajo del mínimo, da lugar a que las placas se sulfaten no pudiendo devolver la energía de que disponían inicialmente. Si por alguna circunstancia se produce derrame del electrólito, se preparará una solución adecuada, medida la concentración con el *densímetro*(3), para rellenar los vasos sustituyendo el líquido perdido; se prepara echando el ácido lentamente en el agua, nunca al revés, pues tendría efectos explosivos la caída del agua, con proyección del corrosivo ácido.
3. La batería sometida a sobrecarga, descompone el agua y da lugar a que baje el nivel del electrolito. Ello es origen de las incidencias expuestas en el punto anterior y a deformaciones en las rejillas positivas y corrosiones en el alojamiento de la batería, bornes, cables, etc.
4. La batería sometida a una insuficiente carga durante largo tiempo, aparte de no suministrar la potencia adecuada, origina la formación de sulfatos con los efectos citados anteriormente.

8.4. Motor de arranque

1. El motor de arranque permanece inmóvil después de haber accionado el interruptor:
   a) El interruptor de arranque puede no funcionar bien. Comprobar los cables de corriente, conexiones y contactor. Si el interruptor está averiado, repararlo o sustituirlo.
   b) La batería está descargada o averiada. Se prueba encendiendo las luces y viendo la intensidad de iluminación al intentar un nuevo arranque: si casi se apagan los filamentos de la bombilla, la causa es de la batería; si no, deben examinarse los bornes y cables por si están flojos, sucios o hay algún contacto indebido a masa.
   c) Colector del motor de arranque sucio; escobillas gastadas, rotas o haciendo mal contacto con el colector. Se limpian y arreglan.
2. El motor de arranque gira pero no engrana con el volante.
   a) El Béndix, o sistema de acoplamiento, funciona mal. Si no hay rotura aparente, con seguridad habrá alguna suciedad en la espiral 5 (Fig. 11.62) que impide correr libremente al piñón 7. Esta parte mecánica debe lavarse cuidadosamente con petróleo y lubricarlo con aceite "afloja-todo", o una mezcla a partes iguales de petróleo y aceite del motor. No se debe lubricar con aceite del motor sólo, ni con grasa, por que se formaría en seguida un barrillo pegajoso que impediría correr bien al piñón.
   b) La corriente es insuficiente y el arranque no se lanza a girar con la debida brusquedad. Puede ser por estar descargada la batería o estar los bornes o escobillas flojos.
3. El arranque gira, pero se cala al engranar con el volante.

a) Hay una resistencia anormal que impide girar al motor térmico. Inténtese hacerlo metiendo una velocidad, con el encendido cortado, y empujando al vehículo; los segmentos quizás estén pegados. (Para empuje, consultar manual del vehículo).
b) Batería descargada o con insuficiencia de carga. Arrancar con otra batería o cargarla.
c) Puede suceder que los dientes del piñón se hayan acuñado entre los del volante y ni gire el motor de arranque, ni se despeguen fácilmente al intentar desacoplarlos a mano. El remedio más corriente es meter la directa en el cambio e imprimir al vehículo, con el encendido cortado, un fuerte vaivén de adelante atrás y de atrás a delante. Si así no se desengranan hay que desmontar el arranque, salvo que el arrancador asome su eje por la tapa libre, en forma de cuadradillo: con una llave inglesa se aflojará. Si esto sucede a menudo, convendrá examinar el piñón 7 (Fig. 11.56) para quizá ponerlo nuevo, pues sobre todo si es Béndix, dado sus pocos dientes, son siempre los mismos los que chocan con la corona del volante, y aunque trabaja poco el sistema de arranque, pueden haberse hecho rebabas que enganchan los dientes.

4. El motor de arranque sigue girando después de arrancar el motor y al soltar el contacto; debido a que el interruptor de arranque no desconecta o el interruptor electromagnético se queda pegado. Se corta el encendido, para parar el motor del vehículo, y se suelta una de las conexiones de batería al contactor o de éste al motor de arranque.
5. Si el motor no arranca después de cinco segundos de funcionar la puesta en marcha, véase si está todo bien dispuesto para arrancarlo. No debe insistirse con el arranque eléctrico, representa un fuerte servicio para la batería que podría, aparte de descargarse, torcer sus placas, sulfatarse, etc. Muchas veces convendrá, al hacer funcionar el arranque eléctrico, en particular en tiempo frío, mantener desembragado a fondo, mientras se acciona la llave, para evitar la resistencia al giro de los piñones de la caja de cambios sumergidos en la valvolina fría y espesa. Si estando todo en regla no arranca el motor del vehículo, puede hacerlo empujándolo o deslizándolo por una pendiente; manteniendo el vehículo desembragado y llevando metida la segunda o tercera marcha (nunca en primera o marcha atrás); cuando el vehículo alcanza cierta velocidad, se embraga suavemente y el motor arrancará, si no tiene avería.

Notas

1. **Consumo de energía** de algunos elementos de los automóviles (valores promedios):

2. **La causa** de que aparezcan manchas y sales verdosas en muchos empalmes eléctricos es la siguiente: el aire de la atmósfera contiene humedad, o sea, vapor de agua que, en los contactos eléctricos, por apretados que estén, se descompone en hidrógeno y oxígeno a causa del fenómeno de electrólisis producido por el paso de la corriente eléctrica. Como en el aire de las ciudades hay siempre una pequeña cantidad de sulfuros (azufre), estos se combinan con el hidrógeno desprendido en la electrólisis y forman ácido sulfúrico que, a su vez, ataca el cobre de los conductores y terminales, produciéndose sulfato de cobre, de color verde azulado. La proporción es pequeñísima, pero al cabo del tiempo, sobre todo en zonas fabriles húmedas, se hace notar con la citada aparición de manchas en sitios alejados de la batería, que no es causante de ellas.

3 **Densímetro.** Aparato que se utiliza para determinar el peso específico del electrólito, también llamado *aerómetro*. Está constituido por un tubo cilíndrico de vidrio con un ensanchamiento en su

parte inferior, en la que hay un pequeño lastre para que se mantenga vertical en los líquidos; en su parte superior termina en una pieza cilíndrica y graduada. Introducido el aparato en el líquido se lee en la escala la división enrasada con la línea de flotación y el número indica la densidad del electrólito. El densímetro de jeringa, más utilizado, no es mas que uno como el citado introducido en una probeta de vidrio que lleva en su parte superior una pera de goma, para realizar la aspiración del electrólito, y en la inferior una boquilla para facilitar su introducción por la boca de llenado de cualquier elemento de la batería.

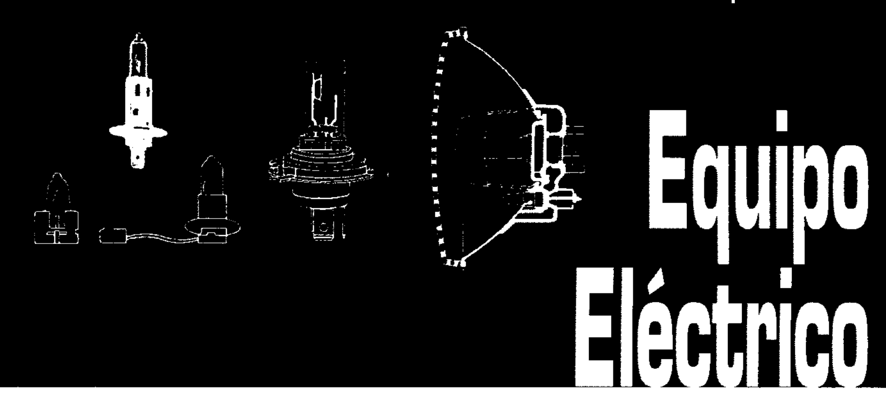
Histórico

Los primeros equipos de CA (corriente alterna) montados sobre autobuses y vehículos especiales, llevaban rectificadores secos de magnesio-sulfuro de cobre (rendimiento sólo del 50 %), luego de selenio (rendimiento del 85 %); éste último usado en los equipos de corriente alterna para motocicletas, de menor capacidad. El rápido cambio de dinamo a alternador, realizado en los vehículos americanos en 1963, fue debido al éxito del equipo CA que el grupo Chrysler comenzó a usar en 1959, gracias a los rectificadores de silicio (diodos).

Regulación por tercera escobilla. Este sistema fue muy utilizado, sirviéndose de una tercera escobilla en la dinamo para sacar corriente inductora; procedimiento sencillo y barato fundado en una distorsión o torcimiento del campo magnético inductor, al combinarse con el campo que producen las bobinas del inducido recorridas por su propia corriente. Sus inconvenientes se acusaban más a medida que se necesitaba mayor intensidad, a causa del aumento de servicios y accesorios eléctricos. En 1935 se empezó a prescindir del sistema.

Motor de arranque-dinamo combinados. Con la denominación de Dinastart, Dinamotor, etc, se han construido aparatos que realizan el doble cometido de dinamo y de motor de arranque. Su constitución interior es la de un inducido con dos arrollamientos, uno de hilo fino para el circuito de la dinamo y otro de hilo grueso para las fuertes intensidades absorbidas en el arranque, con dos colectores independientes y dos grupos de escobillas; sólo tienen de común los inductores. Otras veces el arrollamiento del inducido es único, de hilo grueso y muchas espiras. El dinamotor resulta más voluminoso que cada uno de los aparatos a que suple, y solía montarse en el extremo delantero del cigüeñal, o a un costado del motor enlazado con el cigüeñal por medio de una cadena silenciosa.

Capítulo 12



Equipo Eléctrico

1. ALUMBRADO

La iluminación eléctrica se basa en la luz que genera el filamento incandescente de una bombilla o lámpara. Este efecto es producido por el calentamiento del filamento, el cual se pone al rojo vivo y después al blanco, y no abandona este estado hasta que se le corta el fluido eléctrico mediante el interruptor correspondiente, o por la fusión del filamento que desemboca en la rotura del mismo. La unidad utilizada para medir la intensidad luminosa es la "candela", prácticamente equivalente a la "bujía", y la unidad de flujo luminoso el "lumen". Dependiendo del tipo de bombilla, el rendimiento obtenido puede variar. La electricidad consumida es de prácticamente un vatio por bujía o candela en todas las lámparas inferiores a 50 vatios, como son la mayoría de las de los automóviles.

La duración de las bombillas al principio era bastante limitada debido a que el calor destruye el filamento, si está en contacto con el aire, ya que se oxida y funde. Al introducir las ampollas de vidrio al vacío, aumentó considerablemente la duración del filamento y se amplía aún más con la introducción en las ampollas de gas inerte y posteriormente con las lámparas de cristal de cuarzo.

1.1. Lámparas

Las lámparas empleadas se agrupan en dos tipos: convencionales y halógenas.

Las *lámparas convencionales* empleadas, de sistema análogo a las del alumbrado doméstico, son pequeñas ampollas de vidrio en las que se ha hecho el vacío para quitarles todo el aire interior, y luego se han rellenado con un gas inerte (nitrógeno o argón). En su interior se ha colocado el filamento, generalmente a base de tungsteno, con sus extremos unidos al casquillo o culote de la bombilla y aislado el uno del otro.

Figura 12.1.

El casquillo de las bombillas se une en algunos casos al portalámparas por un enchufe de bayoneta, en el que hay unos contactos de muelle para pasar la corriente que llega de la batería al filamento interior de la lámpara. Las lámparas convencionales de carretera-cruce tienen una potencia próxima a los 45 vatios y disponen de un filamento para carretera y otro para cruce. Para su instalación requieren una posición determinada por un resalte, que tiene que encajar en una muesca de la parábola, sujetándose con unas ballestinas. Para la conexión eléctrica disponen de tres patillas: de carretera, de cruce y de masa (Fig.12.1)

Lámparas halógenas. Incorporando un pequeño porcentaje de gas halógeno al gas inerte, se evita el ennegrecimiento normal de las lámparas convencionales, aumentando notablemente y manteniendo siempre, la luminosidad. En los equipos para el automóvil es el yodo el halógeno utilizado, hasta el punto de haber dado origen a la expresión "alumbrado de yodo" (el filamento de tungsteno al combinarse con el yodo se regenera). Por otra parte, utilizando simultáneamente cristal de cuarzo en lugar de vidrio corriente, pueden alcanzarse temperaturas muy superiores a las lámparas convencionales, a la vez que reducirse el tamaño de las ampollas, disminuyendo, incluso, el peligro de explosión por las propiedades del cuarzo. Con todo ello se consigue mejorar el rendimiento, pero además ha de tenerse en cuenta que, al poder aumentar la temperatura, permite la utilización de potencias superiores en equipos similares: las lámparas asimétricas europeas actuales de doble filamento cruce-carretera, tienen una potencia de 40-45 vatios, mientras que las halógenas del mismo tipo son de 55-60 vatios.

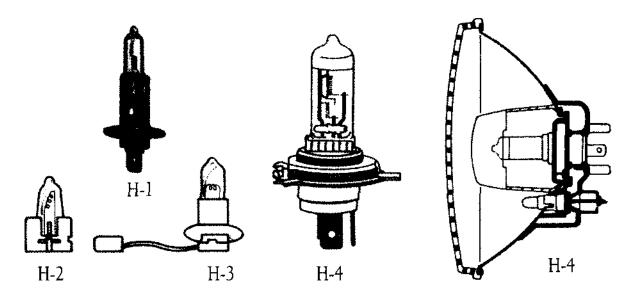


Figura 12.2.

El cristal de cuarzo no debe ser tocado con las manos, pues se ennegrece por acción de los ácidos grasos que elimina la piel.

Las lámparas halógenas se denominan por la letra H, seguida de un número. Las H-1, H-2 y H-3 son de un filamento; las H-1 se emplean principalmente para carretera, aunque también pueden serlo para cruce, con parábolas especiales y pantalla para el efecto cruce; las H-2 y H-3 se utilizan para faros supletorios. La H-4 es de dos filamentos, realizando dos funciones, la de cruce y la de carretera, situándose sus filamentos y siendo sus conexiones eléctricas similares a las de las lámparas convencionales (Fig.12.2). No pueden ser utilizadas lámparas H-4 en focos convencionales, ya que el deslumbramiento sería excesivo.

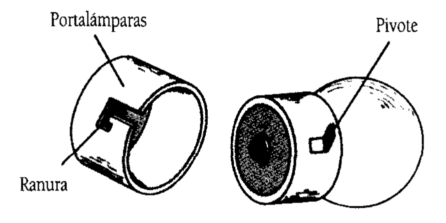


Figura 12.3.

Existen lámparas de yodo de un sólo filamento, tipo H-1, para ser montadas en los *faros antiniebla*, a los que ha dado el espaldarazo definitivo, caracterizados por los proyectores de los mismos que proporcionan un haz rectangular muy estrecho y por lo tanto de luz muy concentrada, que se envía horizontalmente a ras de suelo.

Las reducidas dimensiones de las bombillas halógenas, junto con su gran potencia,

han permitido reducir el tamaño y mejorar la estética de los proyectores, a la vez que aumentar su eficacia.

Las lámparas de *matrícula* (Fig.12.3), son de un solo filamento y potencia entre 8 y 10 vatios; se fijan por dos tetoncillos en unas ranuras del portalámparas, estableciendo masa por contacto entre éste y el casquillo.

Las lámparas para *freno* o *intermitencia* (Fig.12.4), de mayor tamaño que las anteriores, son de un solo filamento, potencia entre 15 y 21 vatios e igual disposición para la llegada de corriente, masa y fijación.

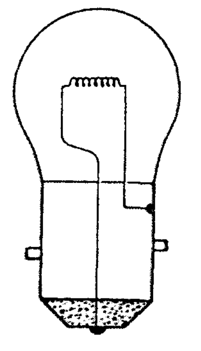


Figura 12.4.

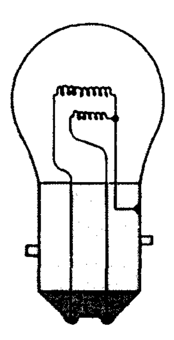


Figura 12.5.

Las lámparas de *posición y freno* (Fig.12.5), son de dos filamentos de distinta potencia y servicio; la llegada de corriente se realiza por dos plots de plomo y hace masa por contacto de su casquillo con el portalámparas. Requieren posiciones de montaje únicas.

Existen otras lámparas, de formas y potencias variadas para distintos servicios, luces interiores, iluminación del cuadro, etc. (Fig.12.6).

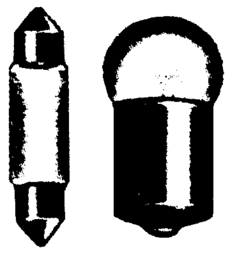


Figura 12.6.

1.2. Sistema de alumbrado y señalización

Los turismos, camiones y autobuses deben llevar el siguiente alumbrado:

a) *Luz de largo alcance o carretera.* La luz de cada bombilla, en dos o cuatro focos, es reflejada por el espejo parabólico, constituyendo potentes faros que deben iluminar un espacio de 100 metros, como mínimo, por delante del vehículo.

b) *Luz de corto alcance o de cruce.* Como las luces anteriores deslumbrarían al conductor de otro vehículo que viniera en sentido contrario, se dispone de un segundo alumbrado menos intenso, con el haz desviado hacia el lado de la mano (a la derecha en España y la mayoría de los países) e inclinado hacia el suelo, que debe poder iluminar en una distancia de 40 metros como mínimo. Lo corriente es que las bombillas lleven un segundo filamento especial para este fin (Figs.12.1 y 12.2): el filamento para la luz larga da un haz horizontal y el de cruce lleva una pantalla debajo para que sólo salgan los rayos reflejados en la parte alta del espejo, y con inclinación hacia el suelo, por estar adelantado el filamento. Las estrías del cristal delantero de cada faro ayudan a la conveniente dirección de la luz. Hay otros tipos de faros, ya poco usados, que llevan bombilla independiente para la luz de cruce.

c) *Alumbrado de posición.* Compuesto por dos luces blancas delanteras y dos rojas detrás, no deslumbrantes y visibles, de noche en tiempo claro, desde 300 metros. Además lleva en la parte posterior dos catafaros rojos no triangulares, que pueden estar incorporados a los cristales de las luces citadas, visibles de noche desde 150 metros cuando se iluminan con la luz intensiva, largo alcance, de otro vehículo. Los catafaros o catadióptricos son cristales tallados que reflejan vivamente la luz que reciben.

d) La *placa de matrícula* debe estar iluminada, a la vez que los alumbrados de carretera, cruce y posición, en forma que pueda leerse la matrícula desde 20 metros de distancia.

e) La *luz de frenado* deberá encenderse al accionar el freno de pie; consta de dos luces rojas en la parte posterior. Pueden estar incorporadas en las linternas del alumbrado de posición y su fuerte destello rojo sirve de aviso.
f) Las *luces de dirección*, intermitencias, sirven para avisar los cambios de dirección o desplazamientos laterales.
g) La *luz de marcha atrás*, permite llevar atrás uno o dos pequeños faros, con luz blanca no deslumbrante, que se encienden con la palanca del cambio al situarla en la posición de marcha atrás.
h) La *luz de gálibo*, es obligatoria para todos los vehículos que tengan una anchura superior a 2,10 metros. Consta de dos luces blancas por delante y rojas por detrás. Luce siempre con las luces de posición.
i) Las *luces interiores*, son pequeñas bombillas que iluminan el interior del habitáculo, el compartimiento de equipajes, etc.
j) Es conveniente disponer de un pequeño proyector o linterna, con largo cable, para poder iluminar la parte del vehículo que se necesite en una reparación nocturna de carretera, especialmente cambio de rueda.
k) En la mayoría de los automóviles se pueden usar las luces de carretera para, llevando encendido el alumbrado de población, producir destellos con aquellas en sustitución de las señales acústicas donde o cuando éstas se hallen prohibidas.

Todos los dispositivos para cambio automático de luz larga a cruce, como el "Autronic Eye" americano, son caros, complicados y prácticamente inútiles, hasta ahora.

La disposición y agrupamiento de estos sistemas, varía sensiblemente según las distintas marcas y modelos de vehículos.

1.3. Faros

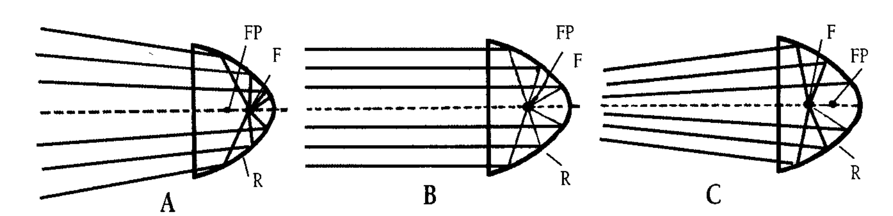


Figura 12.7.

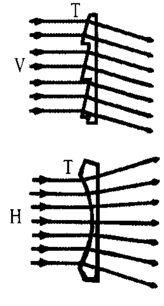


Figura 12.8.

Los faros, que son por lo menos dos, uno a cada lado del vehículo, van normalmente embutidos en el frontal y excepcionalmente fuera de estos. Tienen en su interior un reflector parabólico R (Fig.12.7), en cuyo interior se coloca una bombilla, que tiene la propiedad de que, si el filamento incandescente F se encuentra retrasado respecto al foco geométrico FP del paraboloide reflector, los rayos luminosos reflejados salen en un haz divergente (A); si coinciden ambos (B) los rayos salen paralelos, y si F queda adelantado respecto a FP (C), el haz es convergente.

Las lámparas vienen ajustadas a la forma del reflector de tal manera que en las de doble filamento para carretera-cruce, ya sean convencionales o halógenas, el correspondiente a la luz de cruce

queda en la situación C y el de carretera o largo alcance en la B.

El cristal delantero suele ser tallado en forma de lente para conseguir una adecuada dispersión (Fig.12.8): en sentido vertical V, la talla escalonada hace bajar el haz hacia el piso, pues lo que interesa es iluminar la calzada y hasta unos pocos metros por encima. En sentido horizontal conviene que los haces de ambos faros no sean como dos estrechos tubos de luz, sino que se abran ligeramente a los costados para alumbrar el ancho de la vía y un poco más, con objeto de que en la curvas no queden sombras a los lados. Otras veces el cristal es una luna plana y se obtiene la dispersión con lentes adecuadas en el interior del faro.

Las bombillas pueden ser de vidrio a base de cadmio, dando una luz amarillenta que fatiga y deslumbra algo menos. Se llaman de *luz selectiva* porque absorben los rayos azules y violetas; son reglamentarias en Francia.

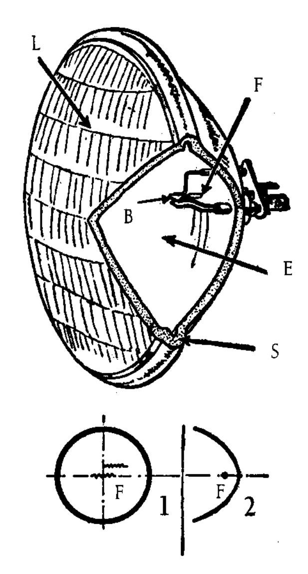


Figura 12.9.

El sistema americano moderno es el representado en la figura 12.9 (*sealed beam*: haz o faro sellado, hermético). Todo él es de una sola pieza de cristal, sin empalme en el borde S, y en su interior están los filamentos F de carretera y B de cruce. En realidad es una gran bombilla cuya parte L va estriada en forma de lente; el fondo interior E está cubierto de una capa pulimentada de aluminio vaporizado que da una superficie de reflexión brillante, y el interior lleno de gas inerte. Así, el faro es totalmente hermético, se obtiene el máximo rendimiento luminoso y no es necesario el ajuste de enfoque, si bien la reposición es más cara que la de las bombillas normales. Los filamentos F y B están colocados como indican los detalles 1, de frente, y 2, de costado, con el fin de obtener la mejor iluminación posible, según se aprecia en la figura 12.15-SB que dibuja la forma y alcance de la luz de cruce.

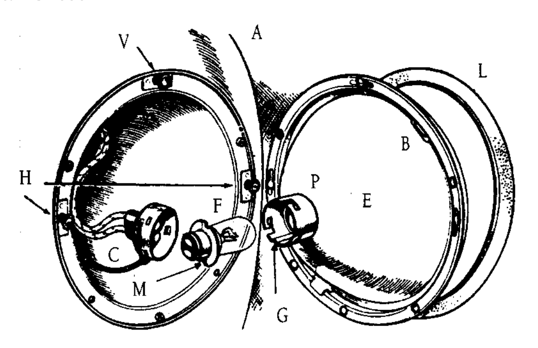


Figura 12.10.

El tipo europeo corriente hace algunos años es el que tiene su reflector E (Fig.12.10) permanentemente unido al cristal delantero que lo tapa; el borde de unión B es hermético, "sellado", para que no entre polvo ni agua. La bombilla F de doble filamento se mete por detrás del reflector E en el portalámparas P encajando las muescas M en guías como G para fijar la posición. La corriente llega por los cables claros, uno para cada filamento, al casquillo C que se sujeta a P dejando oprimida por los contactos de muelle a la bombilla F. El cable oscuro es el que va a la toma de masa. El borde B se une a la aleta A del vehículo con los tornillos H, que permiten su reglaje horizontal, y el V que sirve para la regulación en sentido vertical; la unión se cubre con el arillo L.

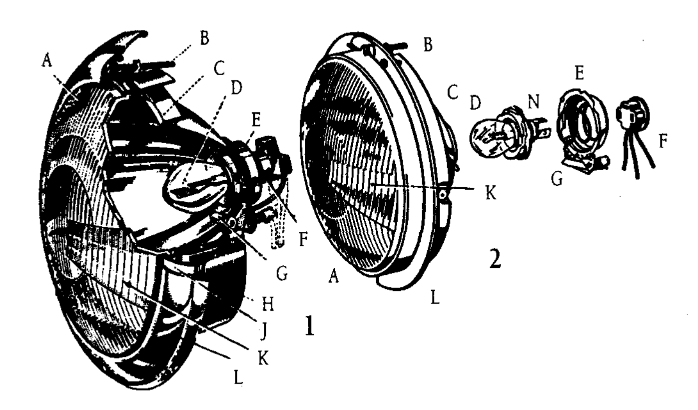


Figura 12.11.

La luz de cruce en este tipo de faro y en todos los corrientes o análogos es del alcance y forma que señala la figura 12.15-C.

El sistema europeo más moderno es el *asimétrico*, impuesto en la totalidad de los automóviles de dicha procedencia (Fig.12.11), llamado así por que en vez de producir una iluminación de cruce uniforme (Fig.12.15-C) por igual en todo el ancho de la carretera, el haz luminoso resulta asimétrico (EX) de más alcance por la derecha que por la izquierda. Esto se consigue mediante un rebaje (Fig.12.12) de 15 grados en el borde izquierdo de la pantallita que tapa por debajo el filamento de cruce C. En esta figura se dibujan de gran tamaño los elementos interiores de la bombilla D (Fig.12.11). Los rayos luminosos para el cruce se reflejan así más en el lado izquierdo del reflector C, que los envía a su derecha y ligeramente hacia arriba, finalmente bien o-rientados por el trozo K de tallado especial en el cristal de dispersión A (más recientemente se ha dotado al filamento de cruce con un nuevo tipo de bandeja o pantalla protectora que permite iluminar mejor el centro de la carretera, a la vez que evita el deslumbramiento a través del retrovisor de los vehículos que son adelantados; en lugar de 15° por debajo de la horizontal, se adoptó un nuevo corte de 2° por encima de la horizontal, en el extremo, y de 45° por debajo, en el centro), éste se sujeta al portafaros H por el aro de fijación J; y L es el arillo de adorno y protección, B es el tornillo para el reglaje vertical. La bombilla D, que se apoya en el portalámparas E, tiene tres láminas o patillas machos en el culote para enchufar en las ranuras del casquillo hembra F, por el que llega la corriente, según se detalla en el despiece del dibujo 2. Este modelo de faro asimétrico tiene una bombilla G para la luz de población; pero otros llevan el alumbrado ordinario aparte, y pueden carecer del trozo K de talla especial en el cristal A.

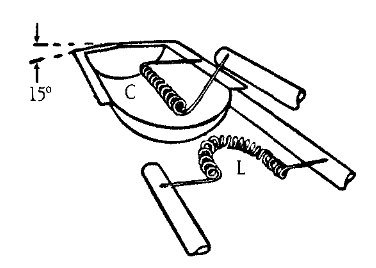


Figura 12.12.

Figura 12.13.

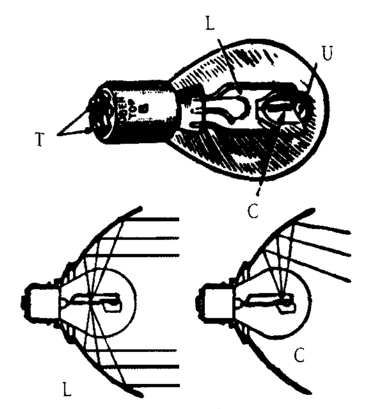
El apoyo de la bombilla D, que se mete por detrás del reflector C, suele tener dos resaltes S y T (Fig.12.13) para que los repuestos sirvan a los dos tamaños de faros; el sistema

de sujeción puede ser por medio de los clips P, y en N se detallan los tres pitones de enchufe al casquillo portacorrientes: dos para ambos filamentos y uno para masa.

Como acaba de exponerse, la preocupación principal en el alumbrado es conseguir una buena luz de cruce, porque la larga es fácil de obtener. Con las bombillas corrientes, como la normal de la figura 12.14, el doble haz luminoso del conjunto de ambos faros puestos en luz de cruce tenía un alcance uniforme (Fig.12.15), por igual a lo ancho de la vía cuyos bordes B debían quedar bien iluminados en una distancia mínima de 30 metros, según los Códigos de casi todos los países. La técnica consiguió, desde 1935, aumentar poco a poco este alcance hasta llegar a alumbrar el piso a casi 50 metros sin producir deslumbramiento; pero quedaba oscuro por encima sin poderse ver ciclistas, peatones o carros.

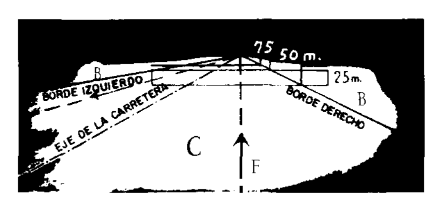
El aumento de circulación de vehículos obliga en muchas carreteras a tener que conducir la mayor parte del tiempo con las luces de cruce. Por otra parte, la velocidad de marcha depende del espacio iluminado, pues no se debe conducir "alcanzando las propias luces" (hay que poder pararse en el espacio libre visible). Por ambas razones se ha intentado mejorar la iluminación C, cosa que se ha conseguido con el faro "sealed beam" americano (dibujo SB) y con el más reciente haz asimétrico europeo (dibujo EX): en ambos diagramas, F es la dirección de la propia marcha por el centro de la "mano" derecha, y se ve como con el SB y el EX se alcanza a iluminar el camino hasta 75 y más metros en su borde derecho, sin que resulte deslumbrante en la mitad izquierda de la carretera.

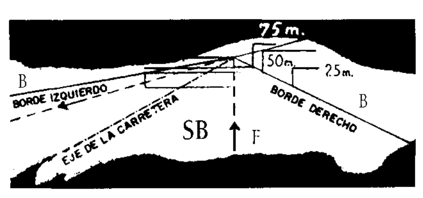
La corriente necesaria para estas luces se toma desde el borne P del amperímetro (Fig.11.62), cerrando circuito a masa por los casquillos de las bombillas o mejor por el soporte del faro, según se indica en el esquema.



Bombilla de doble filamento "bilux" L, larga. C, de cruce. U, pantalla para que C salga solamente hacia arriba, para reflejarse iluminando el suelo próximo. T, contactos en el culote.

Figura 12.14.





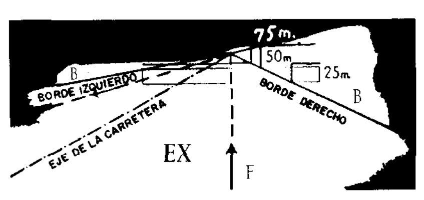
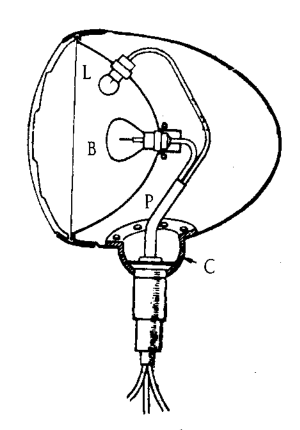


Figura 12.15.

Las luces de largo alcance o carretera, de corto alcance o de cruce, de posición y de placa de matrícula suelen mandarse con un solo interruptor de posiciones múltiples situado a un costado de la columna de dirección. A veces el cambio de carretera a cruce se hace mediante un conmutador que se pisa con el pie izquierdo. Las luces interiores llevan cada una su propio interruptor.

El esquema de la instalación de alumbrado, en relación con el general del automóvil, se expone en la figura 14.7.



Faro con montaje universal.
C, (antiguo)
P, reflector
B, bombilla principal
I, luz de población

Figura 12.16.

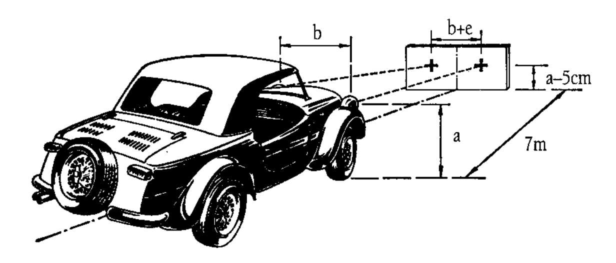


Figura 12.17.

1.3.1. Reglaje de los faros

Las luces de carretera y cruce requieren una comprobación frecuente para mantener los haces correctamente dirigidos.

Los faros pueden moverse mediante una sujeción C (Fig.12.16) que permite variar su posición en todos los sentidos (montaje universal), afirmándose en la colocación deseada por medio de una tuerca; o bien con los tornillos indicados en la figura 12.10.

Las luces de carretera se regulan del siguiente modo: se coloca el vehículo frente a una pared blanca, a siete metros de distancia (Fig.12.17) estando el piso horizontal y con los asientos traseros ocupados o cargados. Se marca en la pared la línea vertical media que corresponde al eje del vehículo, para lo cual se puede mirar desde unos metros detrás del mismo por el cristal posterior y tomar como referencia o punto de mira el centro del capó. Se marca la línea horizontal a una altura del suelo igual a la de los centros de los faros, disminuida en cinco centímetros. Se señalan las cruces gruesas, separadas entre sí la distancia "b" que hay entre los centros de los faros aumentada en la cantidad "e", que vale de 5 a 10 centímetros según que el diámetro de los faros varíe de 10 a 20 centímetros (puede tomarse un promedio de "e"= 8 centímetros). Entonces se cierran las ventanas del local, si no es de noche, para tener oscuridad y se prueban los faros encendiendo las luces de carretera y tapándolos sucesivamente para hacer el reglaje independiente para cada faro. Se actúa sobre los tornillos de reglaje hasta que el centro del haz coincida con la correspondiente cruz y se fija en esa posición. Si el haz no da un círculo luminoso redondo o aplastado (elíptico apaisado) y concentrado sobre la pared, habrá que hacer también el ajuste del enfoque.

Generalmente una vez hecho el reglaje de las luces de carretera queda hecho automáticamente el de la luz de cruce; pero si ésta se obtuviese por faro independiente, debe hacerse su ajuste con frecuencia, comprobando que a diferentes distancias por delante del vehículo no produce deslumbramiento y sin embargo desde el asiento del conductor se ve iluminado el suelo en un espacio de 40 metros.

Una vez hecho el reglaje en la forma expuesta, el "afinado" se hace con arreglo al resultado en carretera.

El *reglaje automático* se efectúa por sendos sensores de nivel en los ejes delantero y trasero y dos unidades de regulación, que actúan sobre las pantallas reflectoras. Puede ser: *hidroneumático*, en el que los sensores accionan mediante líquido a las unidades de regulación, y *por vacío*, que aprovechan como energía la diferencia entre el vacío generado en el tubo de admisión y la presión atmosférica; en el caso de una variación de nivel los sensores

dirigen las distintas presiones a las unidades de regulación, que accionan los reflectores.

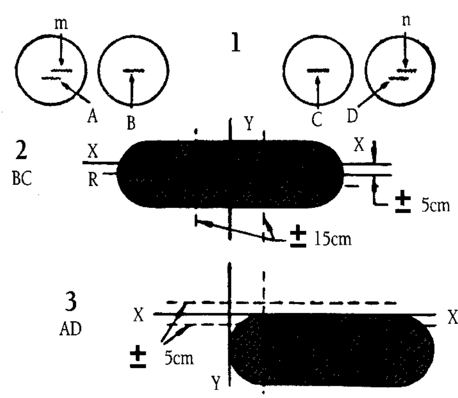


Figura 12.18.

1.3.2. Faros cuádruples

Para mejorar la iluminación, sobre todo de cruce, aparecieron en América en 1957 los faros cuádruples organizados por parejas a los costados del vehículo (Fig.12.18-1) en sustitución del faro aislado corriente. Los faros internos B y C tienen sólo filamentos para luz larga, exactamente centrados en los focos de sus receptores para conseguir haces paralelos y de potente iluminación lejana. Los faros A y D tienen bombillas de doble filamento, pero con los "m" y "n" para cruce colocados precisamente en los focos de los reflectores; así se obtiene una clara luz de cruce. Reglando los faros, como luego se dirá, el doble haz resulta asimétrico, de forma que la mitad izquierda de la carretera recibe una iluminación difusa y corta, no deslumbrante, mientras que la mitad derecha se alumbra mucho más lejos (aún más acentuada que la de la figura 12.15-SB), permitiendo ver obstáculos, vehículos o peatones que con los faros corrientes quedaban en la penumbra al conmutar la luz de cruce, dando lugar a accidentes que la nueva disposición hace evitables. Estos faros exteriores llevan además filamentos A y D para luz larga, pero desenfocados de modo que completen los haces rectos de B y C con iluminación repartida a los costados y a la parte de calzada más próxima delante del vehículo.

En cuanto a la intensidad luminosa, los filamentos "m" y "n" de cruce son de 50 vatios cada uno (total 100 vatios, mientras que los mejores con los corrientes sólo daban 80); cada uno de los A, B, C y D para luz larga es de 37,5 vatios, con un total de 150 vatios (frente a los 100 vatios actuales en el mejor de los casos). El aumento de consumo pueden suministrarlo las instalaciones a 12 voltios con un leve retoque en los reguladores para un ligero aumento de la corriente de carga.

La única dificultad está en el *reglaje*, pues se necesita realizarlo con más precisión que para los faros dobles, so pena de resultar un conjunto deslumbrador intolerable para los conductores que se cruzan. Por esta razón se han preparado equipos con los que se hace automáticamente la puesta a punto en breves minutos. Pero si no se tuviera, se puede actuar de la siguiente manera:

Colocado el vehículo sobre piso horizontal, a siete metros frente a una pared como en la figura 12.17, y marcadas en aquélla (Fig.12.18-2) las líneas horizontales XX correspondientes a la altura exacta del centro de los faros sobre el piso y la vertical YY justo frente a su centro, se enfocan los faros centrales B y C, sólo de luz larga, de forma tal que el centro del doble haz luminoso quede centrado respecto a YY, con una tolerancia de hasta 15 centímetros a uno u otro lado, y su eje horizontal RS a 5 centímetros por debajo de XX, con una tolerancia de 5 centímetros arriba o abajo, o sea, que RS llegue a coincidir con XX (vehículo muy cargado detrás), o baje 10 centímetros de esta línea (vehículo descargado).

Los faros laterales se enfocan también con sus filamentos de luz larga A y D encendidos (Fig.12.18-3); el doble haz debe quedar desviado a la derecha de la forma dibujada; la parte superior enrasada con XX (margen 15 centímetros) y el borde izquierdo con YY (tole-

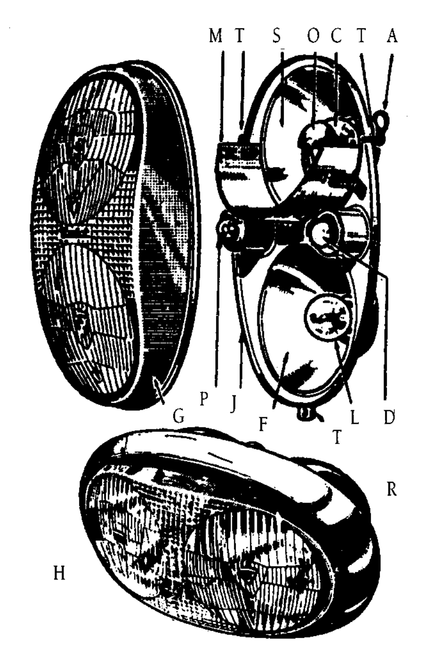


Figura 12.19.

rancia 15 centímetros). Automáticamente quedan enfocados en el debido reglaje los filamentos de cruce "m" y "n".

Un modelo europeo de faros cuádruples es el Megalux, de la marca francesa Marchal (Fig.12.19), que se presenta por parejas para colocarse verticales como se ve en la parte alta del dibujo, o bien horizontales H variando la colocación de los elementos y el tallado del cristal delantero G, que tiene varias zonas ópticas detrás de las cuales se hallan, montados sobre un cárter-bastidor R, los reflectores S y F y las bombillas correspondientes a las luces de carretera, cruce, población P y dirección D (destellantes).

En el reflector S hay una lámpara bilux "haz asimétrico europeo" con el filamento de cruce en el foco, mientras que el de carretera está ligeramente retrasado para obtener una iluminación difusa de los bordes. La pantalla O suprime los rayos directos hacia el cielo. El reflector F corresponde a la parte del cristal tallada para la luz larga. La bombilla lleva este filamento centrado en el foco, y sin conectar el de cruce (que no se utiliza). Combinados este doble faro con su pareja, se obtiene el mismo alumbrado que con los cuádruples americanos de la figura 12.18-1.

La pantalla metálica M (Fig.12.19) aísla el reflector superior para que la luz destellante D quede perfectamente visible cuando está encendido el filamento de cruce. El conjunto cristal-reflectores está unido por tres puntos T al cárter S que se fija a la carrocería. Los tornillos T con resortes permiten el reglaje vertical y horizontal de los proyectores. Tirando de la anilla A se desmonta el bloque óptico para el cambio de bombillas.

Descritos los faros que se pueden denominar básicos, hay que tener en cuenta que la constante evolución en los diseños de los vehículos lleva consigo la de los faros, de formas exteriores muy variables y que integran o no otras luces además de las de carretera y cruce.

También se instalan equipos halógenos en la forma "sealed beam" de la figura 12.19.

1.3.3. Luz inteligente

Unos faros con lámparas halógenas iluminan 50 metros cuando se circula con la luz de cruce, si se tiene en cuenta que un vehículo circulando a la velocidad de 100 Km/Hora necesita 90 metros para detenerse, el dato es preocupante.

Con luces de "Xenón" la zona iluminada es más ancha y algo más larga, unos 60 metros, pero aún es insuficiente. Por otra parte la mayoría de los automóviles iluminan una zona longitudinal por delante del vehículo quedando los laterales no demasiado claros para el conductor.

La empresa Hella ha desarrollado un Sistema de Iluminación Frontal Autoadaptable (AFS) que permite variar el área de luz iluminada en función de la velocidad y del tipo de vía por la que en ese momento circula el vehículo.

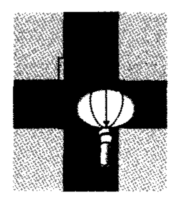
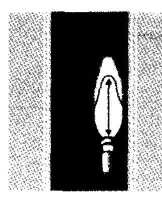
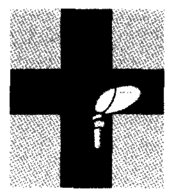
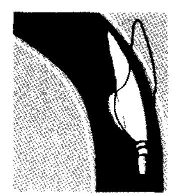
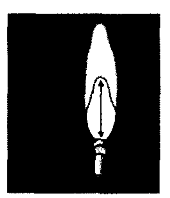






Figura 12.19.1

Cuando un automóvil se mueve por vía urbana a velocidades no superiores a 50 km/hora los faros de Xenón cubren una zona poco profunda pero de gran anchura, figura 1, así se puede ver mejor en los cruces e intersecciones.

Cuando aumentamos la velocidad, el AFS adopta una geometría de iluminación mas alargada, proporcionando además una buena visión lateral, figura 2.

En los cruces, si pretendemos girar, al dar al intermitente los faros se giran, figura 3, en la dirección indicada, lo que favorece la visión de la zona hacia donde va a seguir el vehículo.

En curvas, el haz de luz tiene una forma adecuada al trazado de la misma, figura 4, alargando la zona de la derecha para ver con más amplitud, sin descuidar la visión del centro de la calzada.

En las autopistas o vías rápidas, el AFS, activa una luz larga híbrida que, al tiempo que aumenta la longitud del haz de luz, no se eleva por encima del eje longitudinal del faro y se evitan los deslumbramientos, figura 5.

El sistema ya ha sido desarrollado por la marca Audi A8, siendo también adoptado en breve por los Mercedes y BMW.

Se están estudiando desarrollos de vehículos que detecten la presencia de los posibles choques para que antes de que se produzcan se actúe en el sistema de frenos y eviten la colisión. Para ello se sitúan sensores en el exterior del mismo que informan a la central electrónica del obstáculo, quién a su vez dará las órdenes de detención a los elementos actuadores de freno. Asimismo se puede detectar la presencia de peatones evitando el atropello.

2. COMPLEMENTOS ELÉCTRICOS

La instalación eléctrica provee a otras necesidades; por ejemplo a los equipos medidores, limpiaparabrisas, luces interiores y del tablero, radio, calefacción, etc., y al Encendido (objeto de estudio en el Cap. 13) Para estos servicios se derivan cables del borne P del amperímetro, como se ve en la figura 11.62 y en el conjunto de la 14.4. Los elementos de elevado consumo se sacan del L, sin pasar por el amperímetro.

El amperímetro, o su testigo, marca carga cuando la corriente del generador es superior a la gastada por los circuitos de utilización y queda remanente para que vaya a la batería; y descarga cuando aquella corriente es inferior o nula y ha de atender la batería a los servicios de alumbrado, encendido, etc.

2.1. Cables eléctricos

El uso de secciones inferiores a 1 mm^2 no se recomienda por su poca resistencia mecánica. La corriente admisible está comprendida, normalmente, entre 3 y 4 amperios por mm^2, no debiendo pasarse nunca de los 7.

CABLES EMPLEADOS EN AUTOMÓVILES		
Diámetro d (mm)	Sección (mm^2)	Número americano
12	1,13	18
16	2	16
25	4,9	14
30	7,06	12
32	8,03	10
40	12,56	8
52	21,23	4

Aunque es costumbre pedir los cables atendiendo a su diámetro en décimas de milímetro, también ciertos fabricantes emplean la denominación "h x d" en que "h" indica el número de hilos y "d" el diámetro de éstos. En otros casos expresa milésimas de pulgada.

Los cables suelen ser de hilo de cobre, variando su diámetro en función de los distintos servicios a atender.

2.2. Accesorios

Con esta denominación genérica se expresan aparatos o instrumentos de medida, elementos de control, indicadores o testigos, sistemas de señalización, u otros que afectan al confort y la seguridad. Dada la variedad de equipamientos de los vehículos, según gamas, de las numerosas marcas y modelos existentes en el mercado, el Manual contempla aquellos más usuales, que serán descritos en detalle, y otros que lo serán de manera más superficial.

Medidor de combustible. Por lo general son simples indicadores de nivel, pues no suelen señalar los litros que quedan sino el estado aproximado de llenado en el depósito: lleno ("full"), tres cuartos, medio, un cuarto y vacío ("empty"). Hay que saber la capacidad total del depósito en litros para calcular la que queda y la que puede repostarse.

El medidor de combustible AC empleado en los vehículos de la General Motors y por otros fabricantes, está basado en lo siguiente (Fig.12.20): al accionar el contacto L para que pueda funcionar el motor, la corriente de la batería B pasa por la bobina C y sigue por el doble camino que le ofrece la otra bobina D y la derivación E que a lo largo del vehículo llega al reostato, resistencia variable, R colocado en la parte alta del depósito. Desde la bobina D y desde el reostato R la corriente vuelve a la batería por las tomas de masa M. El brazo o cursor que toma más o menos resistencia del reostato R está mandado por la palanca K y flotador F. Las bobinas C y D están dentro del aparato del tablero y actúan magnéticamente sobre la armadura giratoria A que mueve la aguja marcadora. Cuando el nivel está alto el aparato se halla calculado para que la aguja marque "full" (lleno); a medida que baja el nivel y el flotador K va quitando resistencia del camino que el reostato R ofrece a la corriente, ésta pasa más fácilmente y, por tanto, deja de circular en la misma proporción por la bobina D, que es el otro camino que tiene para

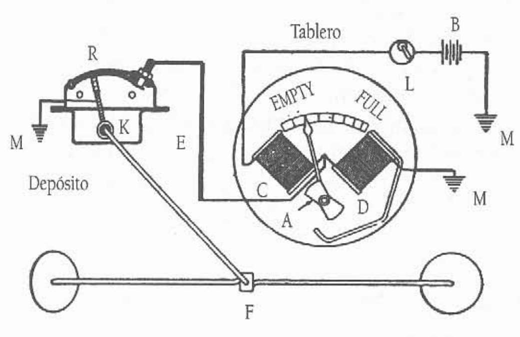


Figura 12.20.

ir a masa; esta bobina pierde fuerza magnética y deja poco a poco de actuar sobre la giratoria A, con lo que la aguja se inclina a la izquierda a "empty" (vacío).

Si en vez de moverse el cursor del reostato R por la fuerza del flotador F, lo hace por la presión del aceite, se tendrá un *manómetro* del tipo AC.

En algunos vehículos un indicador luminoso avisa que el combustible remanente es escaso. Normalmente el fabricante, en el libro de instrucciones, orienta sobre lo que queda y/o distancia aproximada que puede recorrerse sin repostar ("Reserva" de combustible).

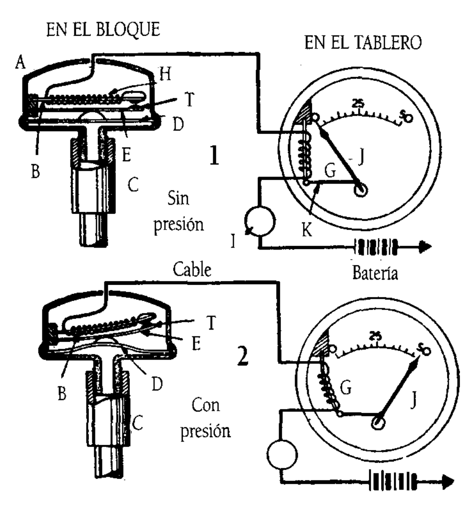


Figura 12.21.

Manómetro. En general funcionan del siguiente modo (Fig.12.21; detalles 1, sin presión; y, 2, con presión): en el bloque motor hay una cápsula A con un diafragma o membrana D a cuya cara interior llega el aceite a presión por el conducto C. Según sea la presión, el diafragma se deforma más o menos hacia arriba empujando la laminilla metálica E, que termina en un contacto T. Sobre éste se apoya el de la lámina bimetal B, a modo de termostato, que sirve de núcleo a un arrollamiento H del que parte un cable al cuadro del tablero; la corriente que viene de la batería y pasa por el interruptor del encendido I recorre otro arrollamiento G sobre otra lámina bimetálica que, por estar como la anterior formada por dos tiras de metales de distinto coeficiente de dilatación, según lo que se caliente así encorva y mueve por K la aguja indicadora J.

La presión del aceite empuja D y hace que se cierren los contactos T, con lo que el circuito se cierra por E, T, B, G y pasa a la batería. Pero la corriente calienta B, que, al encorvarse, separa T y se corta aquella; en cuanto se enfría B se desencorva y vuelve a cerrarse T, y otra vez pasa corriente, y así sucesivamente. La frecuencia con que se cierra y abre T es de 50 a 120 veces por minuto. Ahora bien: cuanto mayor sea la presión del aceite, más empuja D a E hacia arriba, detalle 2, y más fácilmente se cierra T, con lo que la corriente pasa más tiempo; el efecto calorífico en G es mayor y por tanto, más se encorva y más desplaza la aguja J, que indica la mayor presión.

Por análogo procedimiento funciona un medidor de gasolina (Fig.12.22): En el depósito, un flotador F hace girar una leva L que, proporcionalmente al nivel del combustible, empuja más o menos el contacto T; la lámina bimetálica B actúa lo mismo, e igual ocurre con el receptor GJ en el tablero.

En muchos automóviles en vez de manómetro se usa un dispositivo más sencillo y eficaz, con un indicador

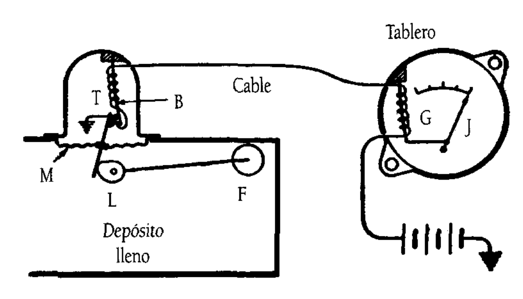


Figura 12.22.

luminoso que se enciende, casi siempre con luz roja, cuando la presión de engrase es insuficiente. Para ello en la cápsula A (Fig.12.21), cuando el diafragma D es empujado por la presión de aceite, abre un contacto, interrumpiendo el paso de corriente por una bombilla roja colocada en el tablero. Si durante la marcha se enciende esta luz, es señal de que se cerró ese contacto por falta de fuerza en D, o sea, falta de presión en el aceite de engrase. Esto es bastante y hasta mejor porque el conductor no tiene que ir pendiente de mirar al manómetro, ya que al encenderse la luz roja le llamará la atención. Debe cuidarse de comprobar que, a motor parado y con el encendido conectado, luce esa bombilla; si permanece apagada es que se ha fundido y debe reponerse para no ir "a ciegas" en el engrase.

Termómetro. Los termómetros eléctricos también son de fundamento y funcionamiento análogos a los sistemas de las figuras 12.20 y 12.21. En el bloque motor, bien en la circulación de agua o bien en la de aceite, según la temperatura que se quiera conocer, se pone una cápsula con alcohol y un gas inerte a presión; con las variaciones de temperatura la mezcla se dilata o contrae y los movimientos resultantes actúan exactamente como los del diafragma D (Fig.12.21) o del flotador sobre el reostato R (Fig. 12.20).

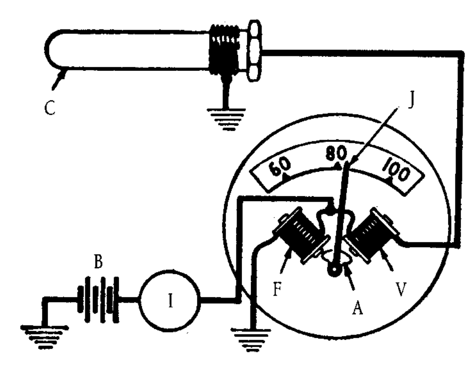


Figura 12.23.

En otros tipos de termómetros (Fig.12.23) la cápsula C, que recibe directamente la temperatura del agua o aceite, tiene en su interior una resistencia eléctrica que varía con el calor (tipo BT, figura 12.21). La corriente que llega de la batería B por el interruptor del encendido I, se divide entre las bobinas F, de resistencia fija, y V, cuya resistencia tiene añadido el variable según el calor que reciba la cápsula C. La armadura A está sometida, pues, a un campo magnético fijo F y otro variable V, y la inclinación de su aguja J dependerá de la temperatura de C. El receptor puede ser del tipo GJ (Fig.12.21).

Amperímetro. El amperímetro que los automóviles llevan en el tablero no es un instrumento de precisión, sino más bien un indicador del sentido de la corriente, carga o descarga, siendo el amperaje marcado en su escala un valor aproximado de la corriente que entra en la batería o sale de ella.

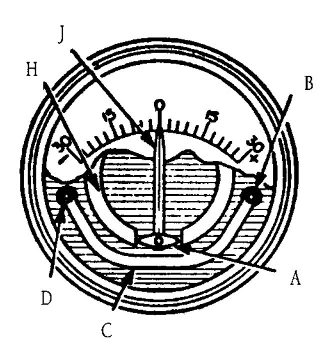


Figura 12.24.

El tipo más sencillo y robusto (Fig.12.24) tiene un imán permanente en herradura H entre cuyos polos puede oscilar, equilibrada por unos suaves resortes en espiral, la armadura A a la que va unida la aguja indicadora J. La corriente que entra o sale de la batería pasa por el conductor C (cuyos terminales son D y B): cuanto mayor sea, más fuerte será el campo magnético que se forma a su alrededor, influyendo en el H de modo que inclina más o menos, y a uno u otro lado según el sentido de la corriente, a la armadura A y su aguja J, que marcará en la escala la cuantía de la carga (+) o de la descar-

ga (-). En vez de un simple conductor C puede estar éste arrollado en forma de bobina para que su campo magnético sea más potente y las indicaciones de la aguja algo más exactas.

Claro está que también la aguja puede unirse a una ligera bobina móvil M (Fig.12.25), que entre los polos N y S del imán, oscila apoyándose en un eje con leves resortes R que tienden a mantener en "cero" bobina y aguja. Según el valor y sentido de la corriente que pase por M, así se inclinará más o menos a un lado u otro el equipo móvil y con él la aguja J.

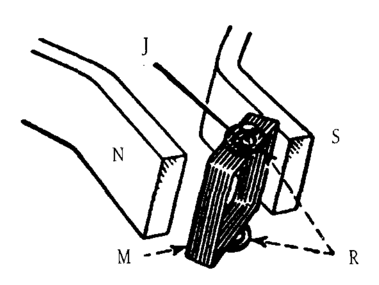


Figura 12.25.

En el caso de la figura 12.24, C (sea o no bobina) puede ser de hilo grueso y dar paso a toda la corriente que entre o salga de la batería (excepto la de arranque); pero la bobina móvil M (Fig.12.25) ha de ser ligera, y por tanto, de hilo delgado, así que sus terminales se toman en derivación de tal manera que casi toda la corriente pasa por un conductor fijo, y sólo una parte mínima, siempre proporcional a la total, recorre M. Se calculan las resistencias de bobina y "shunt" (que así es como se llama el trozo de conductor montado en paralelo con la bobina) de forma que ésta resulte ligera en peso y suficiente para dar indicaciones proporcionales a la corriente que entra o sale de la batería. Si la bobina M se estropea, la instalación sigue funcionando porque la corriente pasa por el shunt; mientras que en la figura 12.24 si C se quema se corta el enlace dinamo-batería. Aunque no es de temer, por ser C de hilo grueso, también puede ser C derivado de un shunt para mayor precaución.

En vez de un amperímetro es frecuente usar un indicador luminoso, *testigo de carga*, cuya luz de color rojo, al encenderse, llama la atención avisando que el generador no carga.

El amperímetro, o su testigo, marca carga cuando la corriente del generador es superior a la gastada por los circuitos de utilización y queda remanente para que vaya a la batería; y descarga cuando aquella corriente es inferior o nula y ha de atender la batería a los servicios de alumbrado, encendido, etc.

Velocímetro. La aguja o barra que sobre una escala graduada indica en el tablero al conductor la velocidad a que circula el vehículo, recibe movimiento de un mecanismo cuyo esquema de funcionamiento es el siguiente (Fig. 12.26, *velocímetro-centrífugo*): un eje E gira a velocidad proporcional a la de las ruedas motrices mediante un enlace en el árbol de transmisión; sobre este eje E se monta un paralelogramo articulado cuyos lados superiores se enganchan al collar C deslizante sobre dicho eje. Cuanto más deprisa gire éste, es decir, cuanto más aprisa vaya el vehículo, más fuerza centrífuga adquieren los contrapesos B, que tienden a separarse del eje en proporción a la velocidad con la que giran. Como el paralelogramo es articulado, cuanto más se separan los contrapesos B más baja el collar C. Sobre éste se apoya la horquilla H, la cual mueve el sector dentado D, y éste, a su vez, el piñón de la aguja A. Así pues, según la marcha del vehículo, la aguja A señalará sobre una escala graduada la velocidad con la que circula. (Este es el fundamento de los *reguladores centrífugos* o de bolas B, ya que el

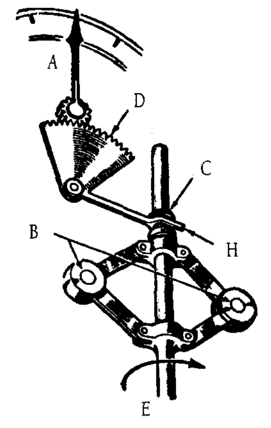


Figura 12.26.

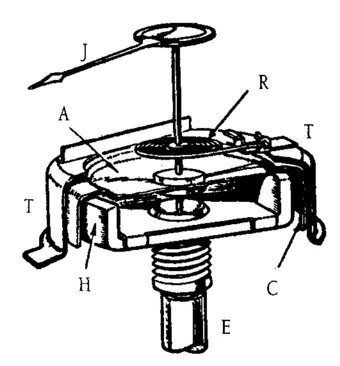


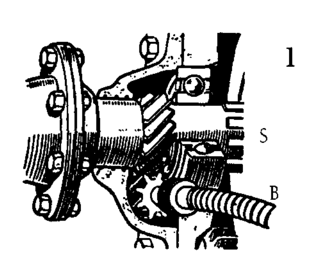
Figura 12.27.

desplazamiento del collar C es proporcional a la velocidad de giro de E y de sus bolas).

El *velocímetro magnético*, de uso muy extendido, consiste (Fig.12.27) en un imán permanente H que gira con el eje E; junto a él está, a modo de armadura y sobre eje independiente, un disco de aluminio A terminado en forma de campana C, del que forma parte la aguja indicadora J. El eje del disco y aguja es retenido por un fino resorte en espiral R anclado a la tapa fija T. Al girar el imán H, induce corrientes eléctricas en el disco A que crean un débil campo magnético, por lo que el disco tiende a seguir en su giro al imán, pero es contenido por el muelle R; cuanto más deprisa gire H, o sea, cuanto mayor sea la velocidad del automóvil, más intensa resultará la fuerza de arrastre y más se desviará la aguja J, contrarrestando al resorte.

La toma de movimiento para el eje E tiene lugar (Fig.12.28) a la salida del secundario S del cambio de marchas, mediante un engranaje, casi siempre un "sin fin"; por un cable flexible Bowden B se lleva el giro, proporcional al de las ruedas, hasta el velocímetro instalado en el tablero (detalle 2).

Cuentakilómetros *("Odómetro")*. El aparato tiene una serie de engranajes que reciben impulso del mismo eje giratorio E (Figs.12.26 y 12.27); esas ruedas dentadas mueven otras con números grabados en su periferia que asoman por una ventanilla de la misma esfera del velocímetro. Los engranajes están calculados con arreglo al tamaño de las ruedas propulsoras del vehículo, de modo que marcan el número de kilómetros recorrido por éste. Si los neumáticos están muy desgastados o flojos, la indicación del cuentakilómetros resultará superior a la real, ya que funciona con arreglo al número de vueltas de las ruedas y cuanto menos diámetro tengan éstas menor será el camino recorrido por vuelta.



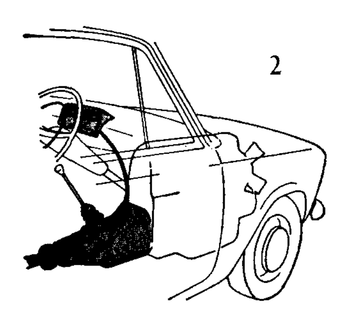


Figura 12.28.

Salvo en aparatos de precisión montados sobre vehículos muy rápidos, es frecuente que, por un prudente optimismo de los constructores, los velocímetros señalen una velocidad superior hasta un diez por ciento a la verdadera. Si se cambia la medida de los neumáticos, se comprende que las indicaciones de velocímetro y cuentakilómetros resulten falseadas.

Cuentarrevoluciones electrónico. Aprovecha el hecho de que la frecuencia de las señales eléctricas que aparecen en los bornes de la bobina de encendido es proporcional al régimen de giro del motor térmico. Los impulsos eléctricos tomados en el borde del ruptor excitan a un galvanómetro, cuya escala de lectura está graduada en revoluciones por minuto.

Mando hidráulico de ventanas, asientos y capotas. En muchos automóviles, se accionan los cristales de las ventanillas, se regula la posición del asiento del

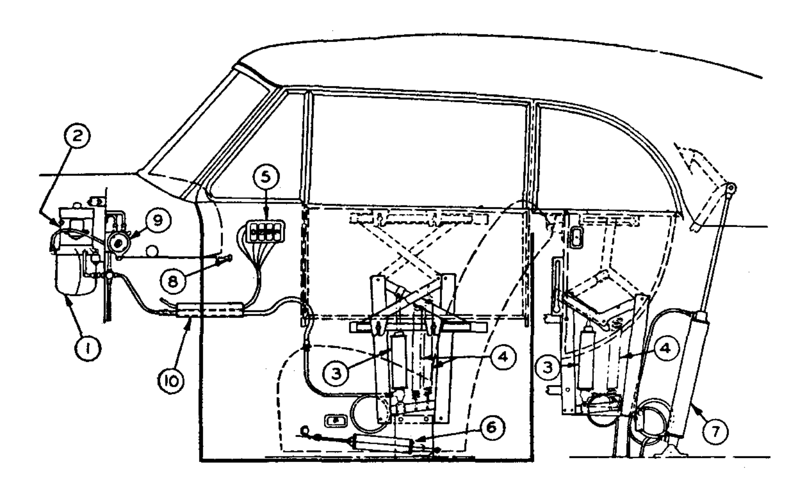


Figura 12.29.

conductor y, en los descapotables, se recoge o tiende la capota mediante un servo hidráulico (con líquido como el de los frenos) que se manda eléctricamente (Fig.12.29).

En el salpicadero hay un pequeño motor eléctrico 2, alimentado por la batería, que mueve una bomba 1. Para levantar las ventanillas, el líquido a presión se conduce por tuberías a los cilindros 3, donde empujan un pistón que sube el varillaje en X desde la posición de líneas llenas a la de trazos, con lo que se eleva el soporte de cada cristal. La elevación se hace estirando unos resortes encerrados en los tubos 4, de modo que si se quita presión al líquido, dejándolo regresar al depósito 1, esos resortes tiran del varillaje y bajan los cristales.

Todos son subidos o bajados por interruptores eléctricos, colocados en cada puerta o ventana, pero el conductor tiene a su alcance un juego 5 de interruptores duplicados que le permite accionar desde su asiento cada una de las ventanillas.

Para subir los cristales, el interruptor envía corriente al motor 2 de la bomba, ésta manda el líquido a presión, que sube los pistones de los cilindros 3, los cuales quedan llenos de líquido y no se vacían porque queda cerrada su válvula de descarga. Cuando los pistones llegan al tope, aumentaría demasiado la presión del líquido, y entonces una válvula automática en la bomba 1 corta la corriente al motor. Al poner el interruptor en la posición de "bajada", se envía corriente a la válvula de descarga del cilindro 3 correspondiente, que se abre y deja regresar el líquido al depósito de 1 por la acción de los resortes 4, que tiran del varillaje y empujan, por tanto, los pistones al fondo de los cilindros 3.

El ajuste del sistema delantero se hace de manera análoga con el

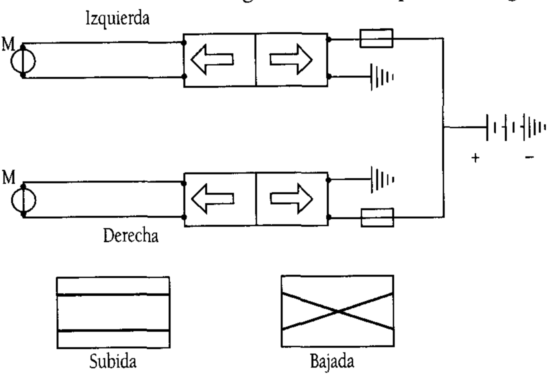


Figura 12.30.

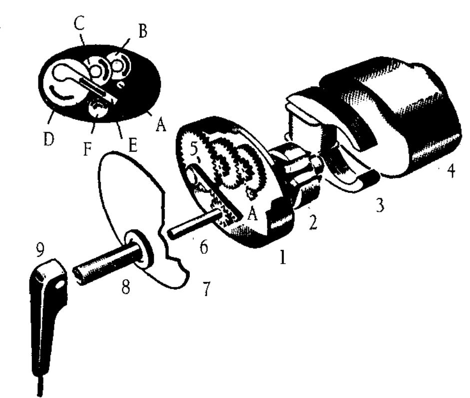


Figura 12.31.

cilindro 6 y los resortes antagonistas correspondientes, no visibles en la figura.

Para operar la capota hay un cilindro 7 de doble efecto; según se quiera extender o recoger, se envía líquido a una u otra cara del pistón que hay dentro del cilindro 7. El mando se efectúa con el botón 8 del salpicadero, que acciona la válvula de control 9. En 10 se detalla la protección de cables y tubos flexibles, al pasar de la parte fija de la carrocería al interior de las hojas de las puertas.

Elevalunas eléctrico. La operación de subir o bajar las lunas de las ventanillas se realiza mediante un motor eléctrico M (Fig.12.30). Para ello es necesario que el motor funcione en las dos direcciones de giro, para lo que basta invertir el sentido de la corriente, acción que se realiza por medio de los inversores (pulsadores).

Limpiaparabrisas eléctrico (Fig.12.31; sistema Bosch). Consiste en un pequeño motor cuyo rotor 2 gira dentro de los inductores con bobina 3; el eje del motor termina en un piñón A que mueve la serie de engranajes 5. En el detalle, el piñoncito es el A, del cual pasa el movimiento a los sucesivos engranajes B, C, D; éste último gira, pues, mucho más despacio que el A, y sobre él va articulado un extremo de la cremallera E, que a modo de biela comunica su movimiento de vaivén al piñón F del eje 6, el cual gira a uno y otro lado, y por dentro del tubo 8 hace oscilar perpendicularmente la rasqueta limpiaparabrisas 9. Todo el mecanismo va encerrado en la caja 4 y cubierto por la tapa 7. De tarde en tarde conviene poner una gota de aceite en los engranajes 5 para que no hagan ruido.

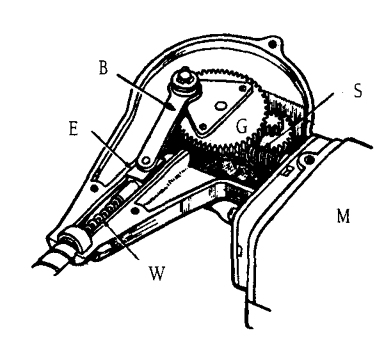


Figura 12.32.

El engranaje "Lucas" (Fig.12.32) empieza con el sinfin S, movido por el motorcito eléctrico M, y por el juego de piñones se va reduciendo la velocidad de giro hasta que el G acciona la biela B que da vaivén a su "émbolo" E unido al bowden W, el cual lleva el movimiento a las rasquetas.

Anejo al limpiaparabrisas funciona el sistema ***lavaparabrisas,*** integrado por un circuito de líquido, con un depósito de agua y detergente, o anticongelante, que por medio de una bomba de impulsión en el propio depósito y a través de un sistema de tuberías y surtidores de pequeños orificios orientables, proporciona el liquido necesario para, en combinación con las escobillas del limpiaparabrisas, efectuar el lavado de los cristales.

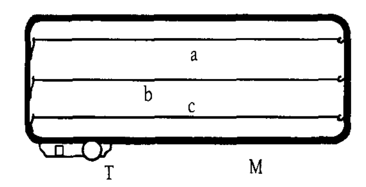


Figura 12.33.

Luneta térmica. En tiempo frío se condensa sobre la cara interior del parabrisas el

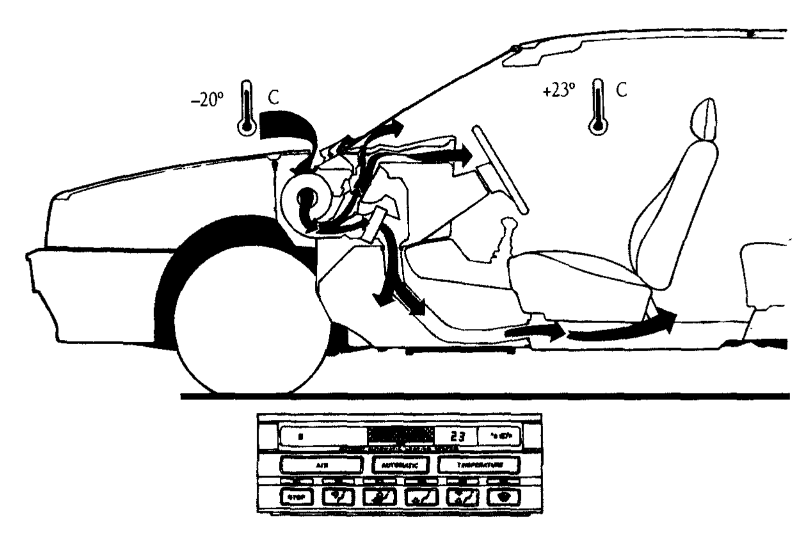


Figura 12.34.

vapor de agua del aire interior del vehículo, empañando el cristal. Si cae nieve, las rasquetas, o escobillas del limpiaparabrisas, suelen no poder quitarla toda, llegando a formar una costra de hielo en el exterior que estorba o impide la visión del conductor. En todos estos casos conviene calentar el cristal, mediante una corriente de aire caliente, como luego se verá al tratar de la calefacción, o bien empleando un sistema eléctrico (Fig.12.33), que consiste en un bastidor o marco de goma M que se sujeta por la parte interior del cristal, el cual es cruzado por hilos térmicos, que modernamente van incorporados a la luna, por los cuales se hace pasar corriente de la batería. Los hilos se calientan, con lo que se evita la formación de vaho y hielo.

Este procedimiento se reserva más bien para el caldeo del cristal trasero, con objeto de poder ver con el retrovisor interior.

Calefacción y ventilación. Una gran parte del contenido energético del combustible se pierde en forma de calor durante la combustión. Una parte de este calor, sin embargo, puede utilizarse para la calefacción del habitáculo.

En los automóviles esto se consigue haciendo pasar el refrigerante del motor por un intercambiador de calor en el que se calienta el aire procedente del exterior o del interior del vehículo; posteriormente el aire caliente se hace pasar por el habitáculo.

En vehículos de refrigeración por aire se hacía pasar éste, una vez caliente, directamente al habitáculo.

La temperatura del aire del calefactor puede regularse de diferentes maneras. Una es mediante la cantidad de agua caliente procedente del radiador; para mantener la temperatura del aire a un nivel constante se usa un termostato. Otro sistema es dejar que el intercambiador de calor obtenga la máxima temperatura y luego, mediante válvulas, mezclar el aire caliente procedente de aquél con aire frío del exterior (Fig.12.34).

Un problema práctico es el de distribuir el aire caliente de la manera más conveniente (Fig.12.35). Anteriormente se disponían uno o varios difusores, pero en la actualidad se monta un sistema de canales que reparten el aire uniformemente. Así, por ejemplo, cana-

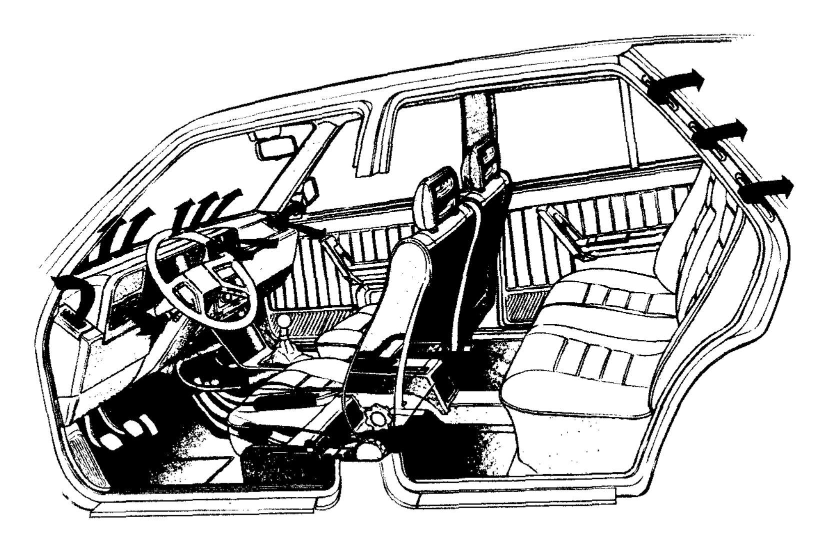


Figura 12.35.

les independientes para el asiento posterior y difusores orientados hacia el parabrisas, ventanillas laterales y, eventualmente, también hacia la luna trasera para mantener los cristales desempañados.

El aire insuflado en el habitáculo debe también ser expulsado. Las aberturas de evacuación en principio deben ser más pequeñas que los canales entrantes a fin de que se produzca una cierta sobrepresión en el interior del habitáculo. Esta sobrepresión impide que el aire frío penetre por lugares poco estancos.

Anteriormente se consideraba que las rendijas y espacios no estancos eran suficientes para evacuar el aire. Las carrocerías actuales, sin embargo, son tan herméticas que a menudo se practican orificios especiales para la evacuación del aire en la parte posterior.

El sistema de ventilación proporciona una corriente de aire en el habitáculo, por medio de unas toberas orientables y regulables, producida por la propia marcha del vehículo e incrementada por el ventilador, de dos o más velocidades. Existen tambien ventiladores cuya velocidad puede regularse en forma progresiva.

La calefacción mediante el aprovechamiento de la temperatura de los gases de escape del motor generalmente se instala en vehículos en que éste es refrigerado por aire. El aire frío procedente del ventilador de aire de refrigeración del motor, o de uno exclusivo del sistema, es calentado en un intercambiador de calor por los gases del escape. Para evitar la mezcla de estos gases tóxicos con los limpios se intercala una cámara intermedia. La regulación de la temperatura se realiza de manera similar al sistema de calefacción por agua caliente.

Acondicionador de aire. Los acondicionadores de aire son instalaciones de refrigeración que completan "hacia abajo" la calefacción y, conjuntamente con ésta, climatizan el vehículo. Por medio del acondicionador de aire instalado en el vehículo e integrado en el sistema de ventilación y calefacción, es posible generar en el habitáculo una atmósfera agradable a sus ocupantes, sea cual fuere el tiempo reinante en el exterior. La climatización o acondicionamiento de aire en el habitáculo contribuye al bienestar y, consecuentemente, a

la seguridad del conductor y demás pasajeros.

Climatizar, o acondicionar el aire, significa regular la temperatura, humedad, pureza y circulación. Un acondicionador de aire en el vehículo lo enfría y extrae la humedad y el polvo. Por medio de las unidades manuales, o automáticamente combinadas, de refrigeración y calefacción, el conductor puede regular a su elección la temperatura en su interior.

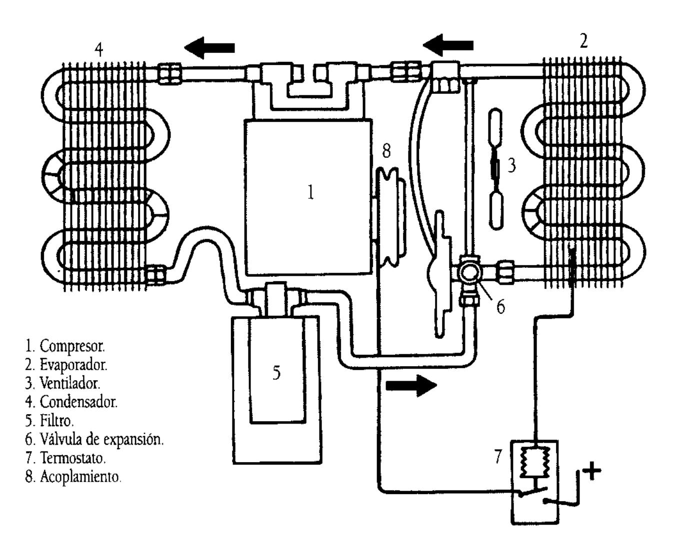


Figura 12.36.

El acondicionador de aire trabaja según el principio del sistema de refrigeración por compresor, similar al de las neveras, y se compone de los elementos principales reflejados en la figura 12.36. Su funcionamiento está sometido a tres leyes naturales:

- el calor se desplaza desde el cuerpo más caliente hacia el más frío;
- para convertir un líquido en vapor, es necesario calor; y
- al comprimir un gas, aumentan su temperatura y presión.

El ciclo fundamental de refrigeración, en el que encuentran su aplicación las citadas leyes, se efectúa de la siguiente forma:

Un compresor absorbe el refrigerante en forma de vapor, procedente de un evaporador, a bajas presión y temperatura y lo comprime a alta presión y temperatura, enviándolo a un condensador, que lo cambia de estado gaseoso a líquido, emitiendo calor al medio ambiente; posteriormente y tras atravesar un filtro decantador-deshumidificador, se expande tras pasar por la válvula de expansión, absorbiendo calor, es decir, refrigerando el aire del interior del vehículo.

El compresor es arrastrado por una correa desde el motor térmico, haciéndose la conexión o desconexión por medio de un embrague electromagnético; se lubrica con un aceite especial. El evaporador es un radiador en el que se enfría el aire que lo atraviesa; la cantidad de aire puede aumentarse con un ventilador, u orientándolo hacia el habitáculo con tubos y difusores. El condensador es atravesado por el aire que proviene del exterior durante la marcha del vehículo, auxiliado por un ventilador.

En el filtro decantador-humidificador, se almacena el refrigerante y se filtra y elimina la humedad e impurezas. La válvula de expansión regula la cantidad de refrigerante que pasa al evaporador, en función de sus condiciones de uso. El termostato regula el funcionamiento del sistema conectando y desconectando el compresor y el electroventilador, a la vez que actúa como elemento de seguridad. El refrigerante es gas freón, que licúa a temperatura inferior a -30°.

Dada la dificultad de determinar las medidas de regulación para obtener el ambiente deseado en el habitáculo, se han desarrollado interruptores preprogramados que en una

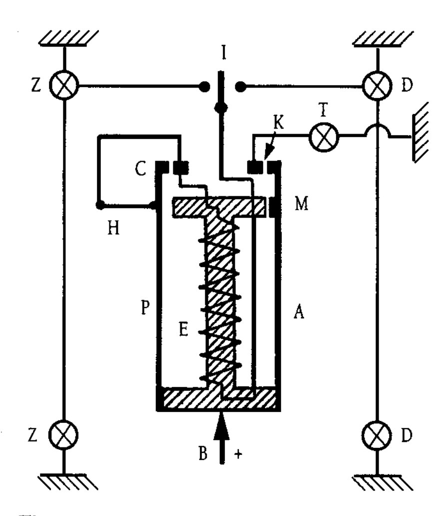


Figura 12.37.

sóla operación realizan todos los ajustes automáticamente.

Para un adecuado mantenimiento del sistema, ha de vigilarse el estado y nivel del refrigerante, tensar adecuadamente la correa de arrastre, efectuar la limpieza del condensador (del interior al exterior) y revisar periódicamente las tuberías y racores.

Intermitentes. El sistema de intermitencias tiene como misión avisar a los demás conductores de la maniobra que se desea realizar, mediante el parpadeo de las lámparas. El esquema de funcionamiento (Fig.12.37) es el siguiente: las bombillas laterales Z y D (izquierda y derecha) son las que lucen con destellos indicando el propósito de virar al costado donde se encienden. La bombilla T es un testigo a la vista del conductor. La corriente de la batería llega a las láminas metálicas principal P, que termina en los contactos C, y auxiliar A con sus contactos K. Un hilo metálico tirante H, de gran resistencia eléctrica, mantiene separados los contactos C. Cuando el conmutador I se pone a un costado, por ejemplo al D, la corriente tiene paso de B a P, H, electroimán E y por I sigue a D que no se enciende porque la gran resistencia del hilo H sólo da paso a una corriente demasiado débil. Pero al calentarse el hilo H se alarga y se cierran los contactos C, con lo que la corriente se salta H y pasa directamente a E, I y D, que ahora sí se enciende. Al cesar el paso de corriente por H se enfría y encoge el hilo, se separan C y vuelve la corriente a tener que pasar por H, apagándose D; pero H se calienta y alarga de nuevo y se juntan C, encendiéndose D, y así sucesivamente a un ritmo de aproximadamente 90 parpadeos por minuto.

Cada vez que se separan C, la corriente que pasa por E es bastante para activar este electroimán, que atrae en M su armadura que es la lámina auxiliar A, cierra los contactos K y luce la lámpara testigo T, también destellante, avisando al conductor que funciona. Si se funde una de las bombillas, la intensidad disminuye, no atrae la lámina A y la lámpara testigo T permanece apagada.

El conmutador T puede ser de vuelta automática por resorte o bien mecánicamente al volver el volante a la posición de marcha en recta.

En otros sistemas no se usa el hilo H, sino que la lámina P es bimetálica, dos metales con distinto coeficiente de dilatación; al pasar la corriente se calienta y por estirarse uno más que otro, se encorva hasta cerrar C; al enfriarse se desencorva y se separan C, etc.

Existen intermitentes electrónicos que utilizan un vibrador múltiple como generador de impulsos, conectándose a la salida un transistor o un relé. Los relés, también llamados "botes de intermitencias", pueden ser de muy diversos tipos que difieren notablemente en su diseño.

Luz de emergencia consiste en el funcionamiento simultáneo de los intermitentes delanteros y traseros; la central de intermitencia puede ser la misma u otra sólo para

este cometido, siendo obligatorio un testigo rojo de emergencia independiente, como lo es la puesta en acción del sistema.

Bocinas. El tipo de bocina más utilizado es el denominado de "alta frecuencia" (Fig.12.38). Cuando el conductor oprime el interruptor correspondiente (colocado frecuentemente en el volante de la dirección), se cierra el circuito y la corriente procedente de la batería recorre el arrollamiento del electroimán E, atrae a la armadura N, flexiona el diafragma M y simultáneamente separa los contactos del ruptor R, interrumpiendo la corriente. El conjunto móvil, armadura y membrana, vuelven a la posición inicial, se cierran los contactos y se repite el ciclo. Por medio de estas acciones el conjunto móvil adquiere un régimen de vibración que combinado con la acción del disco de tono o de resonancia D, hace emitir el sonido a la bocina.

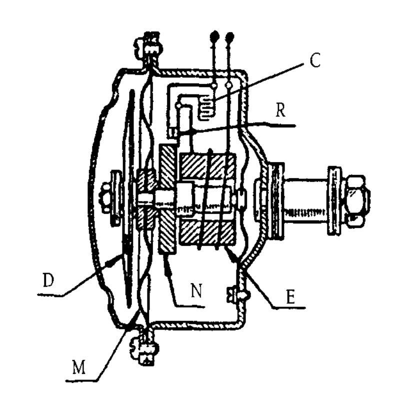


Figura 12.38.

La frecuencia de los armónicos depende del material de que esté constituido el disco, rígidamente unido al diafragma, y de sus medidas.

Para absorber las chispas que se producen en los contactos del ruptor R, y reducir su desgaste, se deriva entre ellos un condensador C.

Las bocinas "musicales" funcionan por medio de las vibraciones de una columna de aire en un tubo sobre el que actúa el diafragma. El alcance de estas bocinas es inferior a la antes expuesta.

Radio. Los receptores en los vehículos, a diferencia de los domésticos, al estar sometidos a muy distintas condiciones de trabajo, requieren mayores exigencias en cuanto a sensibilidad, amplificación, interferencias, etc. Existen muy diversos tipos de radios en cuanto a bandas de recepción, sistema de sintonización, accesorios de que va dotado, sistema de reproducción musical, y otros.

Bloqueo electromagnético de puertas. Permite la apertura o cierre simultáneo de las mismas, desde una de las dos cerraduras delanteras o desde el interior del vehículo, mediante un contactor. El sistema va provisto de elementos de seguridad en caso de avería eléctrica o de accidente; en el primer caso un disyuntor térmico corta el circuito de alimentación, y en el segundo un contactor de inercia activa el circuito de desbloqueo, si el impacto se produce a una velocidad superior a 15 Kms/h.

Mando a distancia de las puertas. Está constituido por un emisor que reemplaza a la llave y de un receptor situado en el tablero del vehículo, conectado al sistema de apertura o cierre electromagnético. Por medio de una luz infrarroja es transmitida, codificada para garantizar la seguridad, una señal del emisor al receptor, que es alimentado por la batería al objeto de que pueda ser activado en cualquier momento, en tanto que el emisor es alimentado por pilas.

3. AVERÍAS EN EL ALUMBRADO Y SU INSTALACIÓN

Una característica común a todas las averías eléctricas es que es más difícil la diagnosis de la avería que su reparación. La gran mayoría de los componentes eléctricos no son reparables ni ajustables, como ocurre con toda la electrónica moderna. El fabricante acostumbra a construir cajas que no pueden ser abiertas sin ser destruídas; hoy día se incorporan elementos de vida prácticamente ilimitada, sustituyendo a otros que necesitaban un mantenimiento frecuente, soliendo ser más económico el cambio de algunos elementos que su reparación.

Cuando el fallo, la avería, proviene de uno de los cables o de sus conexiones, los síntomas serán los del fallo del sistema a que pertenezca. Una vez que se conoce el cable dudoso, tarea más fácil si se dispone del esquema del sistema eléctrico, se comprueba su continuidad con un *polímetro*(1), así como su aislamiento a masa; si el cable está en buen estado, la resistencia que se lee será prácticamente nula. Las conexiones que deban hacerse por reparación o por instalación de elementos auxiliares deben ser cuidadosamente soldadas y aisladas; cuando el cableado ha de ser manipulado, deberá ponerse especial cuidado en devolverlo a su sitio exacto, manera de evitar posteriores complicaciones debidas a roces o calentamientos.

En cada circuito de los existentes en un sistema eléctrico se intercala siempre un fusible que con su destrucción evita mayores averías; no debe olvidarse que cuando un fusible se funde no basta, en general, con sustituirlo, pues la causa de la sobretensión permanece. Normalmente se instalan en una caja llamada "de fusibles", que los agrupa y facilita su inspección; es muy importante no variar las características del fusible pues si se aumentan sus amperios máximos desaparece su función protectora y si se disminuyen se fundirá sin motivo, en cualquier momento.

3.1. Lámparas

Cuando existe fallo en el sistema de iluminación, lo primero que procede es comprobar la lámpara afectada. Las averías más usuales, causas y solución son:

1ª. Apagado de una lámpara.
a) Bombilla fundida. Sustituirla.
b) Bombilla con el casquillo mal colocado en su enchufe. Corregir.
c) Fusible quemado. Sustituir (tener en cuenta que en los circuitos de iluminación los fusibles no afectan solo a cada una de las lámparas, por lo que se deben revisar sólo en las averías más generales).
d) Bornes de llegada de corriente a los enchufes sucios o flojos. Comprobar el estado de los contactos de resorte, pulsándolos con un dedo, y limpiarlos. Limpiar las patillas.
e) Cables correspondientes en mal estado. Corregir.
f) Mal estado de las conexiones en el interruptor de luces. Corregir.
g) Mal contacto a masa del soporte de la bombilla. Todas las uniones a masa, y especialmente de la batería, deben atenderse periódicamente, limpiándolas, y sí hay óxido lijando las superficies que han de quedar en contacto; no deben engrasarse, pero si conviene frotarlas con grafito en polvo y luego pasarles un trapo seco, antes de apretar el contacto.

2ª. Apagado de todas las lámparas.

a) Fusible general, o particular del alumbrado, quemado.
b) Mal estado de los bornes de la batería, de la unión de ésta a masa, del interruptor de arranque o de los del amperímetro y cables que los unen, incluso el que va al interruptor de luces o alguna conexión interna de esta (ver figura 11.62. C, G, H, K, L, P y cable PQJ).
c) Si la puesta en marcha no funciona, la avería está en la batería (cortocircuito, descargada, etc.).
d) Sí la puesta en marcha funciona, el amperímetro estará estropeado; se unen sus bornes L y P (Fig.11.62), por un hilo de cobre, es decir se pone un "puente" al amperímetro, que queda cortocircuitado.

3ª. El brillo de las lámparas varía con la velocidad del motor.
a) Batería descargada, agotada.
b) Nivel de electrólito bajo.
c) Bornes flojos o rotos.

4ª. Con el motor parado o en marcha, alguna lámpara luce débilmente.
a) Mal contacto en el culote, o de las patillas, de la bombilla. Renovar la bombilla si ha cambiado de color o está ennnegrecida.

5ª. Con el motor parado todas las lámparas lucen débilmente.
a) Batería descargada, se nota en que arranca el motor con dificultad o no lo hace, o sucios sus bornes.
b) Contactos y cables C, G, H, K, L, P, Q y J, en mal estado.

6ª. Apagado intermitente de las lámparas (parpadeo).
a) Si es una sola lámpara: contacto flojo en su enchufe, en la masa del portalámparas o conexiones flojas en su cable.
b) Si son todas, revisar los bornes citados.

En los sistemas auxiliares como faros antinieblas, luces de emergencia, etc., debe procederse de manera similar.

Para comprobar el regulador-disyuntor, se pone en marcha el motor un poco acelerado y se coloca un hilo conductor entre sus bornes. Si el amperímetro marca, la avería está en el elemento. Su reparación no resulta fiable, salvo en talleres especializados, por lo que es aconsejable su sustitución. Lo mismo puede indicarse respecto a los relés.

Las pantallas de proyección de los faros se estropean con el contacto más sutil, y no son reparables. Cuando se instalan lámparas halógenas en pantallas no adecuadas para ellas, es normal que éstas se rompan por exceso de calor.

La primera precisión que debe hacerse sobre las averías de la instrumentación, es distinguir aquellas que se evidencian, de aquellas otras que no se manifiestan hasta causar una avería mayor. Si falla el cuentarrevoluciones o el cuentakilómetros, es perceptible a primera vista, pero un mal funcionamiento del testigo de presión de aceite, manómetro, puede causar una avería más grave al motor antes de que se note nada anormal. Un repaso periódico de los instrumentos puede ayudar a evitar esos fallos.

Las averías más usuales en el cuentarrevoluciones y cuentakilómetros, son debidas a la rotura del cable que los acciona, al grupo cónico que transmite el giro (generalmente de plástico) y en última instancia al mismo aparato. Los electrónicos son muy duraderos.

Para comprobar el testigo de presión de aceite, que debe estar encendido siempre que se da el contacto y el motor está parado, se desconecta el cable que une el manocontacto y el testigo, y se toca con él a masa. Si el piloto se enciende, el manocontacto está averiado; si no enciende, lo normal es que la lámpara esté fundida. De manera similar se procede con los termómetros.

Para comprobar el estado del medidor de combustible se usa el mismo método de diagnóstico, pero en esta ocasión no se toca a masa, sino que se conectan ambos cables procedentes del reloj y éste debe marcar el depósito lleno. Si ocurre así, el causante de la avería es el reostato instalado en el interior del depósito.

La causa más frecuente del fallo de los pilotos de luces e intermitencias es que se funda su lámpara, debiendo revisarse en otro caso, su conexión con el mando de luces.

Notas

1. **Polímetro.** Aparato que sirve para medir la tensión, intensidad en corriente continua y alterna, y resistencia. En la práctica la escala más utilizada es la correspondiente al óhmetro. El voltímetro de corriente alterna se usa para medir la producción del alternador antes de pasar por el rectificador, utilizándose el de corriente continua si se mide tras de éste.

HISTORICO

Limpiaparabrisas por "motor de vacío". El movimiento pendular u oscilante de la rasqueta para barrer el cristal del parabrisas, se obtiene por un motor de vacío que utiliza como energía el de la tubería de admisión .

Por este procedimiento se obtiene un movimiento de vaivén que se comunica a la rasqueta o, por medio de palancas y cables, al juego de dos rasquetas que suelen llevar los vehículos a lo ancho del parabrisas y que funcionan sincronizadas. En algunos casos cada rasqueta tiene su pequeño motor propio y funcionan independientes una de otra.

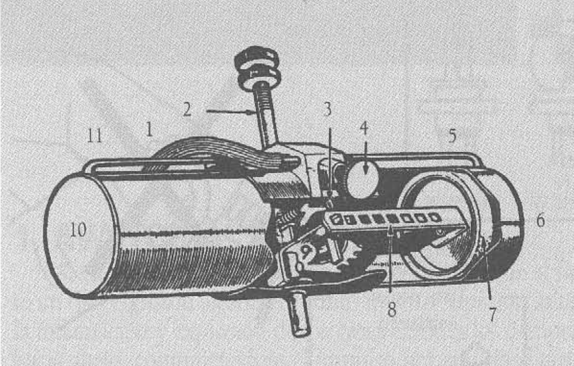


Figura 12.39.

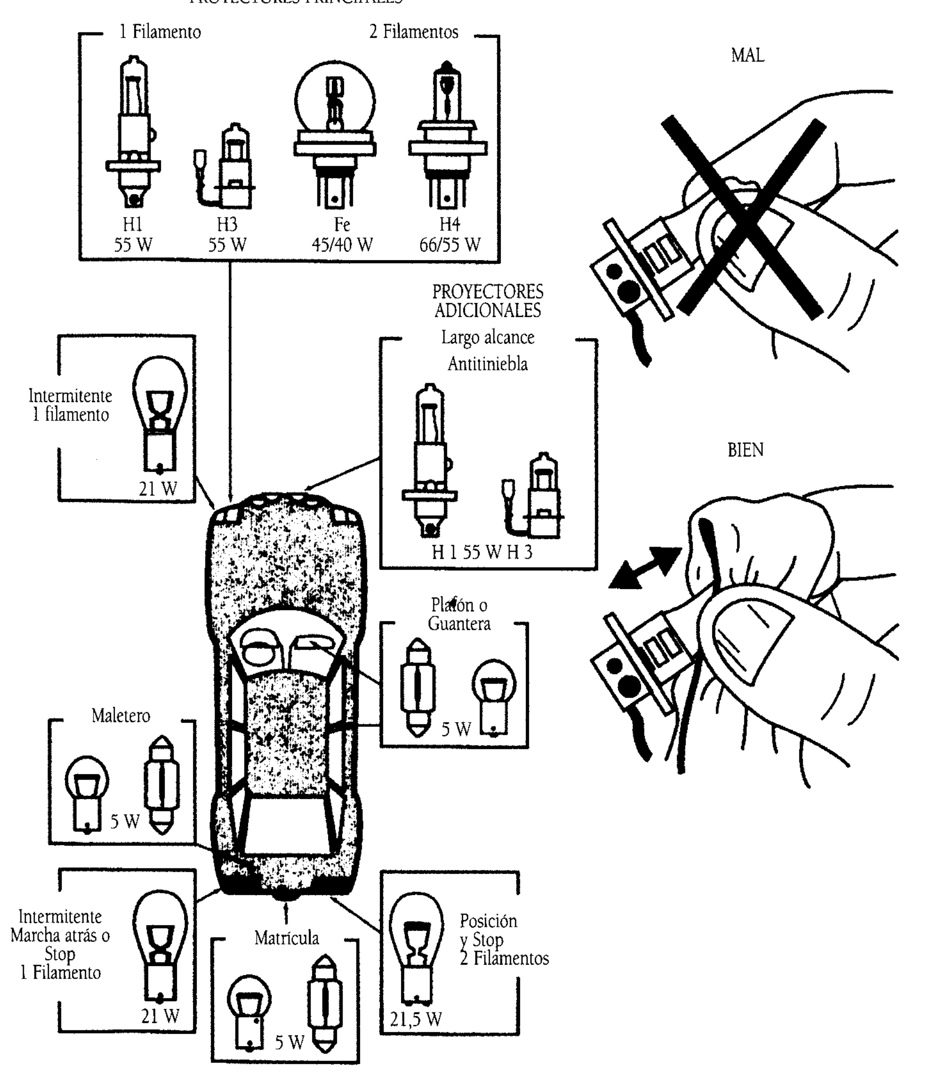
Consiste (Fig.12.39) en un doble cilindro 6-10 dentro del que se deslizan dos pistones con faldilla de cuero como el 7; el otro está dentro del cilindro izquierdo 10. Ambos émbolos se enganchan por varillas como la 8 a la palanca 9 que forma parte del eje 2, sobre el cual se fija un extremo de la rasqueta. Los dos pistones se mueven al mismo tiempo a derecha e izquierda, y entre ellos, o sea, en la cámara central del aparato, reina la presión atmosférica. La succión del colector de admisión llega por el tubo flexible 1; si se abre el tornillo del control 4 pasa el vacío a un distribuidor mandado por la palanquita de resorte 3, que lo envía por el conducto 5 al extremo del cilindro 6, o por el 11 al fondo del cilindro 10.

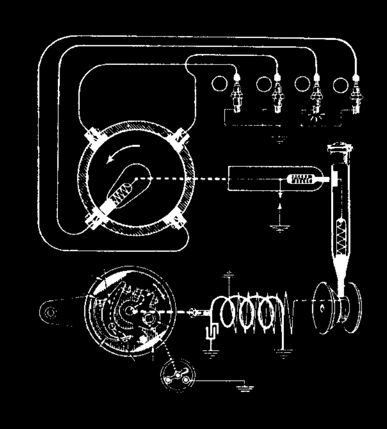
En la posición dibujada, el pistón 7 se mueve hacia la derecha por que en este lado le llega el vacío por el conducto 5, y como en la cara izquierda del émbolo está la presión atmosférica, ésta le empuja hacia el fondo del cilindro. Cuando llega al final un tope dispara el resorte de la palanquita 3, la cual envía ahora el vacío por 11 al fondo del cilindro 10, con lo que el pistón de ese lado será atraído a la izquierda. El vaivén de la palanca 9, que manda al distribuidor 3, es el que hace oscilar el eje 2 y, por tanto, mueve pendularmente la rasqueta sobre el parabrisas.

El sistema es sólido y seguro, pero tiene el inconveniente de que como, al pisar a fondo el acelerador, el grado de vacío disminuye mucho, en los momentos de acelerar el limpiaparabrisas no se mueve o lo hace demasiado despacio por falta de fuerza. Por razón de esta irregularidad se emplea cada vez menos, excepto si hay bomba de vacío en la alimentación de gasolina.

El único entretenimiento necesario es una gota de aceite en el eje de la rasqueta y, muy de tarde en tarde, aceitar ligeramente las faldillas de cuero de los pistones. Si el tubo que toma el vacío del colector de admisión es de goma, se estropea a menudo y es necesario cambiarlo.

RECUERDE QUE EL CÓDIGO DE CIRCULACIÓN OBLIGA A LLEVAR EN CADA AUTOMÓVIL UN JUEGO DE LÁMPARAS DE REPUESTO.





Capítulo 13

Encendido

1. AVANCE AL ENCENDIDO

Al explicar el ciclo de cuatro tiempos se dijo que al final de la compresión, en el momento en que el pistón alcanza el punto muerto superior, salta una chispa en la *bujía* que produce la inflamación y explosión de los gases carburados comprimidos cuya fuerza empuja el pistón hacia abajo, comunicándose el impulso por la biela al cigüeñal, que se ve así obligado a girar.

En la práctica, la chispa no salta precisamente cuando el pistón está en el PMS, sino que es necesario un cierto *avance al encendido*, es decir, que la chispa debe producirse un poco antes de que el pistón llegue al PMS, debido a que la explosión no se propaga instantáneamente en la mezcla comprimida. En el momento en que salta la chispa en los electrodos de la bujía (Fig.13.1-1), se inflaman las partes de mezcla carburada que está en sus proximidades, pero la inflamación del resto de la masa gaseosa se hace progresivamente. Cuando el motor gira a gran velocidad (como ocurre en los motores modernos, que tienen su velocidad de régimen de 4.000 a 6.000 revoluciones por minuto), la velocidad lineal del pistón, o sea, la velocidad con que se mueve arriba y abajo en el cilindro, es tan grande que casi puede compararse con la de propagación de la explosión. Resulta así que si se hace saltar la chispa

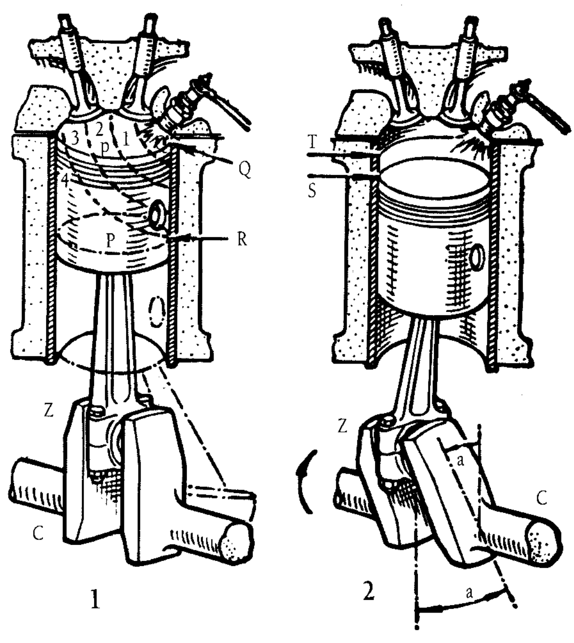


Figura 13.1.

justamente en el momento en que el pistón está en el PMS y empieza a descender, como la explosión se propaga por ondas sucesivas 1-2-3-4, cuando llega a alcanzar la cara superior del émbolo, P, éste ya no está en Q, sino que ha tenido tiempo para bajar hasta R, habiéndose perdido el recorrido QR para el impulso del cigüeñal, y lo que es peor, que en R ya llegan los gases dilatados, disminuida su fuerza. Podría ocurrir que poco después de R comenzase a abrirse la válvula de escape, haciendo casi inútil la explosión. En cualquier caso, el émbolo deja de recibir la mayor parte de la energía explosiva.

En cambio (Fig.13.1-2), si se hace saltar la chispa cuando el pistón está en S, antes de llegar al PMS T, mientras el pistón sube esta distancia da tiempo a que la inflamación se propague de la bujía a T, y cuando empiece a bajar el émbolo reciba en su cara superior toda la fuerza de la explosión.

Se comprende que cuanto mayor sea la velocidad del pistón y, por tanto del motor, mayor deberá ser el avance al encendido. Como regla general *el avance será mayor cuanto más deprisa gire el motor.*

Por otra parte, la velocidad con que se propaga la inflamación de la mezcla es tanto mayor cuanto más comprimida se encuentra ésta; es decir, que si el vehículo marcha con la mariposa abierta del todo y el llenado de los cilindros es completo, el avance al encendido deberá ser menor que si se marcha a medios gases, con la mariposa medio cerrada, que impide un llenado total. De modo que, para la misma velocidad del motor, *el avance será mayor para la marcha a medios gases, y menor si el acelerador está pisado a fondo.*

Con arreglo a las dos normas citadas se dispondrá el avance al encendido. Siempre se llevará lo más avanzado posible, hasta el punto inmediatamente anterior en el que se oigan "picar las bielas", que es el contragolpe que sufren si un exceso de avance al encendido hace que la explosión alcance al émbolo antes de llegar al PMS. Este contragolpe hace chirriar o chillar el cojinete de cabeza de biela Z de modo muy claro.

El avance al encendido se mide, o bien en milímetros de carrera lineal ST del pistón, o por el ángulo "a" correspondiente expresado en grados.

Ya en pocos automóviles el avance es fijo, teniendo por valor la cantidad que el constructor ha estimado como término medio más conveniente. Actualmente es de uso general el mando automático o semiautomático del avance.

Un exceso de avance en el encendido se nota, como ya se dijo, en el golpeo del motor, sobre todo a plenos gases. No se advierte tan fácilmente cuando va indebidamente retrasado, pues las consecuencias pueden, a primera vista, atribuirse a otras causas. Los efectos no son nocivos al mecanismo inmediatamente, pero el motor tiende a calentarse y gastar más gasolina dando poca potencia, es decir, que "tira poco".

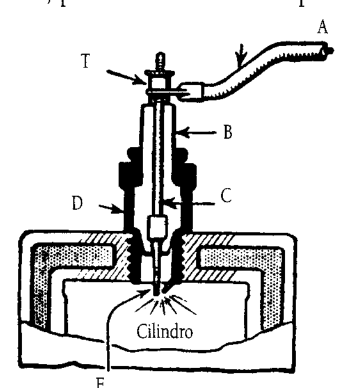


Figura 13.2.

2. BUJÍAS

En el momento oportuno, la corriente del encendido llega a la bujía (Fig.13.2) por el cable A, unido al terminal T del electrodo central C, que penetra en el interior de la cámara de explosión, y que está rodeado y separado por el aislante B del cuerpo metálico D, por el cual la bujía se atornilla en el orificio roscado practicado en la parte superior del cilindro o en la culata. La chispa salta en E, entre el electrodo central y una o más puntas

del cuerpo metálico, por el cual pasa a masa cerrando circuito.

El aislante B suele ser una porcelana a base de óxido de aluminio (corindón), pues la mica y los productos cerámicos a base de sílice, antes usados, son atacados por el tetraetilo de plomo que con frecuencia se añade a la gasolina.

En la figura 13.3 puede observarse el detalle de una bujía (FEMSA). El perno de conexión, que es de acero, y el electrodo central, se fijan dentro del aislador en una masa colada especial, eléctricamente conductora, de forma absolutamente estanca. La parte superior del aislador está dotada de unas ranuras que aumentan el trayecto a recorrer una corriente de fuga desde el perno de conexión al cuerpo de la bujía, aumentando la resistencia a dicha corriente. Otra característica del aislador es poseer una alta "conductibilidad térmica"; la temperatura de su pie, durante el funcionamiento de la bujía, es de 850° a 900°, siendo aquélla decisiva para determinar su "grado térmico". El aislador debe, así mismo, tener buena "resistencia térmica", es decir, tolerancia a los cambios bruscos de temperatura.

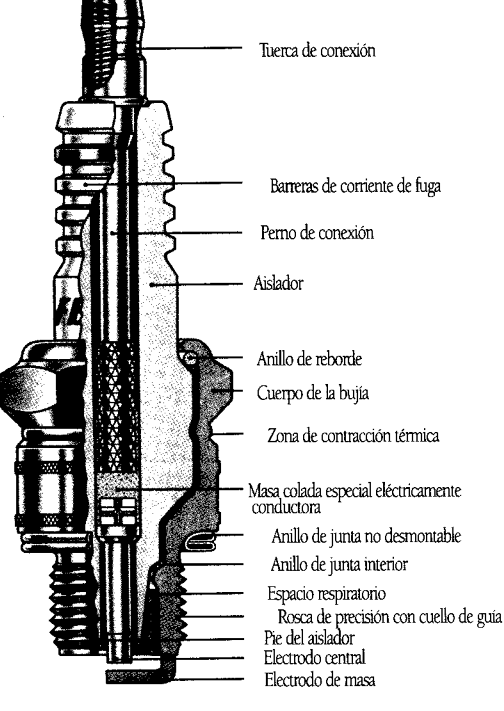


Figura 13.3.

La distancia disruptiva dentro de la cámara de combustión la constituyen los electrodos central y de masa, estando expuestos, junto al pie del aislador, a todas las influencias térmicas y químicas. El electrodo de masa se suelda al cuerpo de la bujía; para protegerlo contra los efectos de la corrosión se emplean materiales o aleaciones a base de níquel.

La bujía se ajusta herméticamente al motor por interposición de un anillo de junta.

La figura 13.4 muestra otro tipo de bujía moderna, y en ella puede apreciarse la forma de tuerca que tiene el cuerpo para poder apretar la bujía en su alojamiento o quitarla, lo que siempre se hará con una llave de tubo de la medida exacta, jamás con llave fija y menos inglesa; el apriete no debe ser excesivo, sobre todo en las culatas de aluminio, para no estropear el fileteado de la rosca en aquéllas.

Siempre que se quite una bujía, al volverla a poner, sea nueva o vieja, se tendrán limpias las roscas de bujía y culata, sin arenilla, suciedad o aceite, para evitar que se estropeen y conseguir buena masa. Nunca debe omitirse el montaje del anillo de junta o arandela, si es desmontable, para garantizar el cierre hermético entre la bujía y

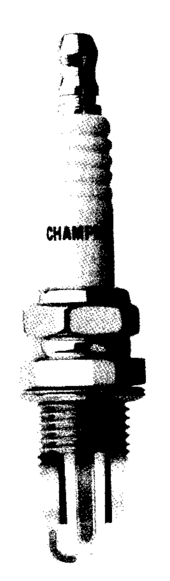
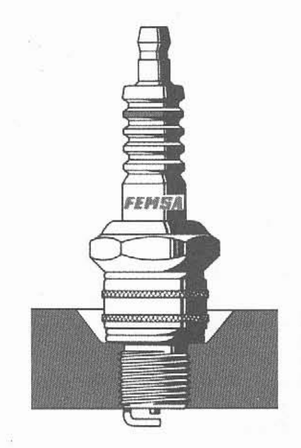


Figura 13.4.



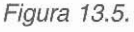


Figura 13.5.

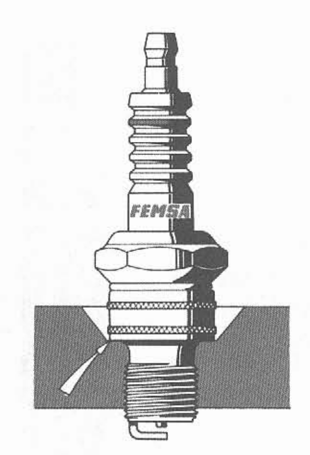


Figura 13.6.

el motor (Fig.13.5). Si se omite (Fig.13.6), se provocará un calentamiento excesivo y autoencendido por incandescencia, debido a insuficiente disipación del calor y al escape de los gases de la combustión por el asiento de la bujía. Así mismo, al penetrar los filetes de la rosca de fijación en la cámara de combustión, quedarán cubiertos por residuos que dificultarán posteriormente su desmontaje. Por el contrario, si la bujía no está suficientemente introducida (Fig.13.7), por haber montado más de un anillo de junta o arandela, los restos de los gases se acumulan alrededor del pie de la bujía, impidiendo que la mezcla entrante llegue hasta la distancia disruptiva entre los electrodos, no encontrando una mezcla combustible cuando se produce la chispa y produciéndose fallos del encendido, a la vez que depósito de residuos entre los últimos filetes de la rosca de la culata, dificultando la posterior colocación correcta de la bujía. Esta conviene atornillarla a mano, para notar si toma mal la rosca, hasta el máximo posible, después se acaba de apretar con la llave de tubo girándola la cantidad que se indica a continuación:

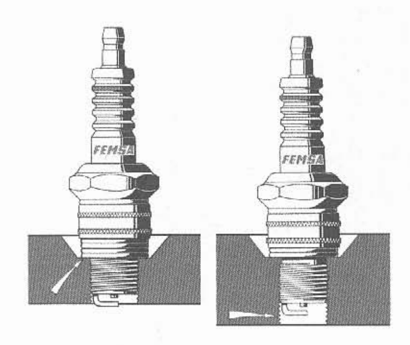


Figura 13.7.

Rosca	VUELTAS DE APRIETE SEGÚN QUE LA CULATA SEA DE		
	FUNDICIÓN	ALUMINIO	
mm	(Fría o caliente)	(Fría)	(Caliente)
10	1 (14 p-l=2 Kgm.)	7/8 (11 p-l=1,5 Kgm.)	3/4 (7 p-l=1 Kgm.)
14	3/4 (30 p-l=4,1 Kgm.)	3/4 (27 p-l=3,7 Kgm.)	5/8 (23 p-l=3,2 Kgm.)
18	3/4 (34 p-l=4,7 Kgm.)	3/4 (32 p-l=4,4 Kgm.)	1/2 (28 p-l=2,8 Kgm.)

Las cifras entre paréntesis corresponden al par de apriete, si éste se hace con la llave especial indicadora de la fuerza; el par o esfuerzo de torsión se expresa en pies-libra (p-l) o su equivalente en kilográmetros (Kgm.). Como lo frecuente es disponer sólo de la llave de tubo, se indica el apriete, a partir del máximo posible a mano, en vuelta o fracción de vuelta con dicho tubo.

2.1. Tipos de bujías

La anchura de la parte atornillada agrupaba antes las bujías en dos clases; *tipo americano*, de un diámetro exterior de rosca de 7/8 de pulgada (22,2 mm.), hoy completamente en desuso, y el llamado *tipo europeo*, de 18 mm. de diámetro, que fue de empleo general. Con objeto de reducir el foco caliente que forma el aislante del electrodo central, así como ocupar menos espacio, se extendió universalmente el uso del tipo 14 (rosca de 14 mm. de diámetro), que además necesita de un orificio más pequeño, en beneficio de la camisa de agua que refrigera esas partes, precisamente de las más calientes del motor. Para aumentar las ventajas citadas y hacer la bujía lo más pequeña posible, se empezó a usar en motores de aviación el tipo 10 (rosca de 10 mm. de diámetro), que también se aplica alguna vez en automovilismo. También existe el de rosca de 12 mm.. Las más usadas actualmente son las de 14 mm., tanto en América como en Europa, aunque las de 18 han vuelto a ser empleadas (por ejemplo, las marcas del grupo norteamericano Ford) a causa de su solidez y mayor duración.

Dentro de cada uno de los tipos citados, las bujías tienen la parte roscada más o menos larga (Fig.13.8); cada motor requiere la longitud adecuada, con la rosca enrasada a la pared interior de la cámara de explosión, o un poquito menos. Las longitudes usuales de rosca son: 3/8"= 9,5 mm.; 7/16"= 11,1 mm. (estos dos alcances cortos son los más empleados en vehículos americanos); 1/2"= 12,7 mm.(muy corriente en Europa); y 3/4"= 19 mm. (bastante usado en Inglaterra). Las cortas son más rápidas de desmontar y reponer, pero las largas permiten camisas de agua más amplias y cercanas a las bujías, además de menor esfuerzo sobre la rosca de apriete, por la mayor longitud de ésta, lo cual es una ventaja en culatas a base de aluminio, que son más blandas.

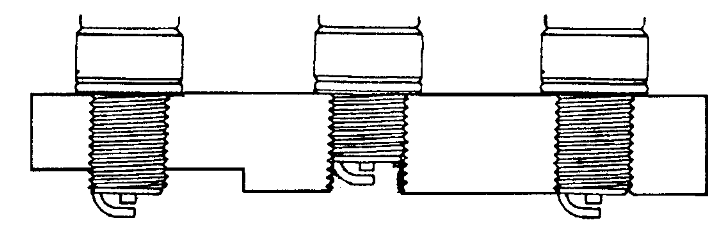


Figura 13.8.

2.2. Grado térmico

El grado térmico de una bujía viene determinado por distintos factores:

- La conductibilidad térmica del aislador y de los electrodos.
- La superficie del aislador expuesta a los gases de combustión.
- El tamaño y forma del espacio respiratorio.
- La situación y clase de sujeción del electrodo central dentro del aislador.
- La forma y clase del material del anillo de junta (Fig.13.9 y 13.10).

La bujía de alto grado térmico, *bujía fría*, evacua más fácilmente que la de bajo grado térmico, *bujía caliente*. Según el tipo de motor conviene usar unas u otras, porque en uno de alta compresión y cámaras de explosión con elevadas temperaturas, una bujía caliente pude llegar a tener sus electrodos o alguna parte metálica incandescente, provocando el autoencendido (explosión prematura de la mezcla).En cambio una bujía fría en un motor frío no llega a tener sus electrodos a la debida temperatura de funcionamiento, y el aceite

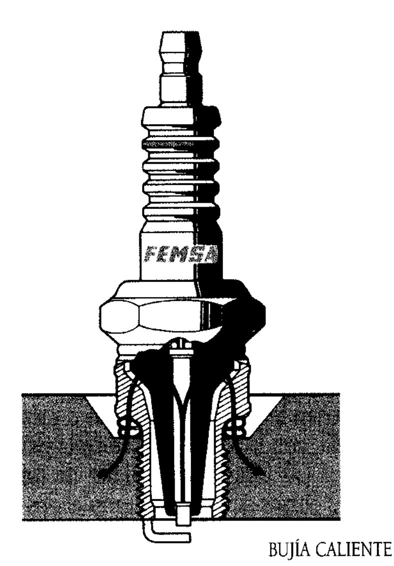


Figura 13.9.

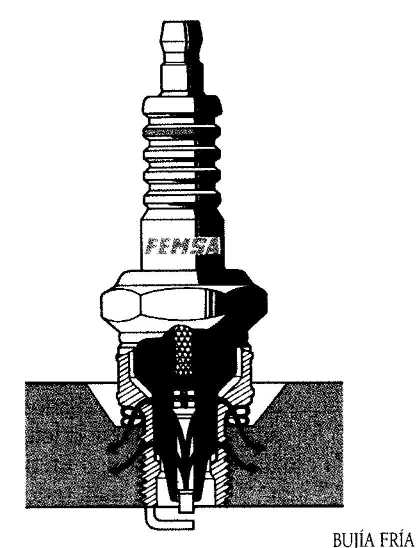


Figura 13.10.

que en ellos se deposita no se quema, se convierte en hollín grasiento, y "engrasa" la bujía, de manera que se interrumpe la chispa al aislarse los electrodos por el recubrimiento de grasa. En general, el grado térmico de una bujía de encendido debe ser más alto cuanto más alta sea la potencia por litro de cilindrada de motor.

La indicación de grado térmico, diámetro y longitud de rosca que hace cada fabricante, y su frecuente cambio de designación, suelen ser causa de confusión en el usuario, estando formada por una serie de números y letras. La escala más empleada es la de Bosch, usada también por Beru, Marelli y algún otro fabricante, que incluye la cifra medidora del grado térmico (definido por el número de segundos que puede funcionar la bujía en un motor especial de ensayos, bajo determinadas condiciones, sin que se produzca el autoencendido por recalentamiento excesivo de sus electrodos); 45 corresponde a la más caliente y 500 a la más fría. Los grados corrientes van de 95 a 250; cuanto más alto es el número, más resistente es la bujía al autoencendido, al ser más fría.

2.3. La bujía adecuada

Así pues, por razones de medidas y funcionamiento, cada motor requiere una bujía apropiada; todas las fábricas de éstas hacen listas indicando qué tipo debe usarse, según la marca y modelo del vehículo. El libro de instrucciones de éste lo indica, y el conductor debe atenerse a ambas normas. Así mismo, en todas las tiendas de accesorios donde se venden bujías tienen tablas por marcas, especificando el tipo de bujía más conveniente (por tamaño y grado térmico) para cada modelo de vehículo. Algunas bujías modernas son *multigrado*, o sea, que cumplen las especificaciones de su graduación y de casi las inmediatas, en la escala Bosch; ésta suele ser una característica de algunas especiales para motores de dos tiempos. Por otra parte, el uso que se haga del vehículo influye en el tipo de bujía, pues si rueda trayectos cortos en clima frío, deberá llevar una bujía un grado más caliente que la normal; y si lo hace en recorridos largos por regiones cálidas, convendrá una bujía un grado más frío que la usual.

2.4. Alteraciones en el funcionamiento

El funcionamiento interno correcto de la bujía (Fig.13.11) puede alterarse si el aislador se rompe (Fig.13.12), pues la hendidura ofrece un paso más fácil a la corriente que la separación de las puntas en un medio a alta presión. Si la superficie interior del aislador se ensucia de aceite que no se quema , *bujía engrasada*, la corriente se va por él (Fig.13.13) porque es aceite con hollín, carbonoso, y el carbón es buen conductor de la electricidad. Por último (Fig.13.14), una partícula de carbonilla o una gota de aceite no quemado entre los electrodos sirven de conductor sin que salte la chispa.

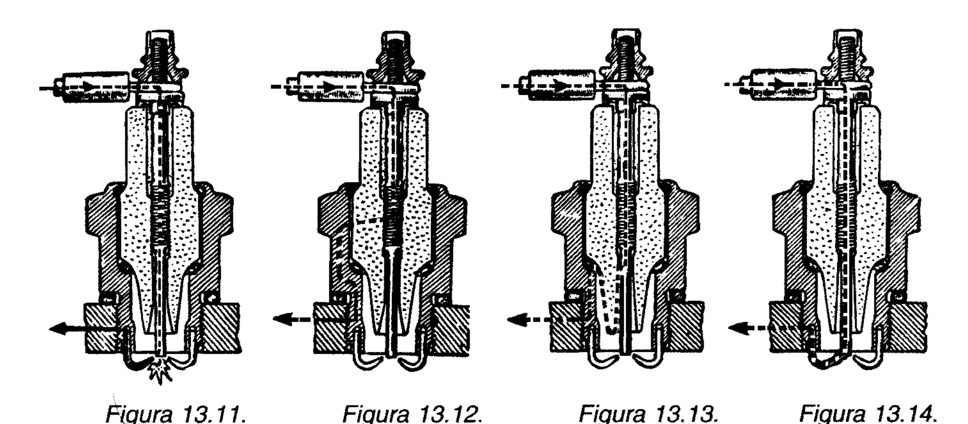


Figura 13.11. *Figura 13.12.* *Figura 13.13.* *Figura 13.14.*

En los motores de dos tiempos puede producirse el corte del encendido por formación de una "perla" vitrificada entre los electrodos, que pone en cortocircuito la bujía. Las causas principales son:

1ª. Doble número de chispas que en los motores de cuatro tiempos y por tanto doble trabajo con peor enfriamiento.

2ª. La mezcla de aceite con la gasolina produce mucha más carbonilla.

3ª. La evacuación de gases quemados no es tan perfecta como en los de cuatro tiempos.

4ª. El más permanente campo eléctrico-magnético de las chispas atrae las partículas, sobre todo las de plomo de la gasolina-plomo (si se usa) y las metálicas de los aceites detergentes normales, que forman la abundante carbonilla. Para evitar la perla conviene separar los electrodos de la bujía al máximo compatible con una buena marcha, en caso de que aquella se forme con frecuencia; limpiar las bujías periódicamente.; no usar gasolina-plomo si la ordinaria consiente el buen funcionamiento del motor sin picar ni perder potencia; empleo de aceites minerales (o mejor detergentes especiales para dos tiempos) buenos, adecuados a la mínima proporción de mezcla con el combustible; y por último, ensayar una bujía ligeramente más fría o caliente, incluso cambiando de marca. El comportamiento de la bujía es muy importante para el buen resultado del motor de dos tiempos, que debe tener muy en su punto el encendido.

Las bujías conviene renovarlas, en los motores de cuatro tiempos, cada 16.000 Kms., a lo más cada 20.000 si son de muy buena clase y perfectamente adecuadas al motor y su uso. En los de dos tiempos puede ser necesario hacerlo cada 8.000 Kms.

Las bujías son pequeñas y baratas; pero muy importantes: siempre están en la línea de fuego.

2.5. La disruptura

Por lo explicado parece que cuanto más alta sea la tensión aplicada a la bujía mejor chispa se producirá, y que cualquier anomalía en el circuito habrá de perjudicarla. Sin embargo, conviene conocer un fenómeno curioso por su apariencia contradictoria: la disruptura. En los tiempos en que el engrase de las bujías se producía con frecuencia, sobre todo al bajar cuestas, se descubrió que dejando un espacio como de un milímetro entre el cable que trae la corriente y el terminal o electrodo central de la bujía (Fig.13.15), esa interrupción en el circuito en vez de debilitar la chispa, la reforzaba tanto que hasta las bujías engrasadas volvían a funcionar. La razón estriba en que la corriente de alta tensión es también de frecuencia elevada, de dos a tres mil ciclos por segundo, de composición complicada, para la que ese espacio previo de la disruptura actúa como un trampolín que la ayuda a saltar con más violencia y calor dentro de la bujía. La figura muestra un dispositivo.

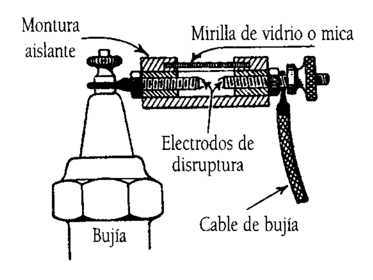


Figura 13.15.

Existen en el mercado gran variedad de marcas y modelos de bujías, en las que cambian la composición de los electrodos, su forma y número de los de masa y la separación entre ellos; así mismo se aumenta la separación entre electrodos, proporcionando una mayor superficie de chispa. Con todo ello se persigue obtener mayor seguridad de encendido, mayor duración de la chispa, mejores propiedades de arranque en frío y de autolimpieza, alargando su vida y, al obtener una mejor combustión, menor contaminación del medio ambiente. Como se expuso con anterioridad, el conductor debe utilizar en su vehículo una de las recomendadas por el fabricante del mismo.

3. TRANSFORMADOR DE CORRIENTE PARA EL ENCENDIDO

Parece lógico, puesto que el vehículo lleva una batería de acumuladores cargada con un generador, enviar la corriente que esta instalación produce a las bujías para que salte entre sus puntas e inflame la mezcla carburada. Pero ya se dijo que la tensión necesaria para que una corriente eléctrica salte a través del aire y con mayor razón en un gas comprimido, tiene que ser muy grande porque aire y gases son aislantes. Como se ha visto, la tensión de la corriente de la batería suele ser de 12 voltios, y este voltaje es demasiado reducido para que pueda saltar la corriente a través del pequeño espacio que hay entre los electrodos de la bujía.

Para conseguir la alta tensión necesaria, de varios miles de voltios, se recurre a un transformador o *bobina* elevadora de tensión, basado en la inducción.

Se vió anteriormente (Figs.10.19 a 10.22 y 10.25) como mediante el giro de una espira (o también de una serie de espiras, es decir, mediante el giro de una bobina) en un campo magnético, se obtenía corriente eléctrica que nacía precisamente por la variación de flujo que atraviesa el interior de la espira.

Por medio de un electroimán, y con este mismo principio de la variación del flujo, se puede producir una nueva corriente eléctrica. En efecto: en la figura 10.23 se tiene un depósito de electricidad A (por ejemplo, una batería), y si se cierra el interruptor I, la bobina E se convierte en un electroimán cuyo flujo va del polo N al S por fuera y regresa de S a N por

dentro del núcleo (Fig. 10.24). Si se abre el interruptor I, la corriente cesa de circular y por tanto el flujo desaparece; al cerrarlo de nuevo vuelve el flujo a aparecer y así sucesivamente. Pues bien, encima de la bobina E y sobre su mismo núcleo se arrolla una segunda bobina S (Fig. 13.16; se suprime el núcleo de esta figura para mayor claridad), uno de cuyos extremos se une a masa y el otro a la bujía B. Supuesto el interruptor Q (llave del encendido) cerrado, y que el R se está abriendo y cerrando, por la acción de una leva giratoria L, el flujo magnético de la bobina E aparece y desaparece a compás del movimiento de R. Pero como la bobina S está arrollada sobre el mismo núcleo, resulta que sus espiras están atravesadas por ese flujo variable, y por tanto, nacerá en ellas una corriente eléctrica, según lo que se dijo al hablar del fenómeno de inducción.

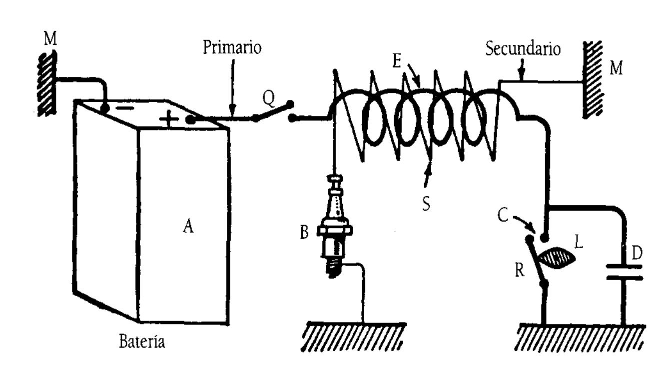


Figura 13.16.

Esta nueva corriente eléctrica en el arrollamiento S y su circuito, llamado *secundario*, se comprueba que nace justamente en el instante en que desaparece el campo magnético producido, es decir, cuando se abre el ruptor R del circuito *primario*.

Aquí se presenta una particularidad: cuantas más espiras tenga la bobina S, mayor es la tensión de la corriente secundaria. Por ejemplo: si E tiene 100 espiras y S tiene 10.000, el voltaje de la corriente que nace en S guarda con E la misma proporción, o sea que será 100 veces mayor, de modo que si la tensión de E es de 6 voltios, la corriente inducida en S sería de 600 voltios. En cambio, la intensidad es otras tantas veces más pequeña; pero para la aplicación al encendido esto no importa. Lo interesante es el aumento de voltaje conseguido, pues gracias a ello, con la corriente de la batería de acumuladores se puede hacer saltar una chispa en la bujía. Dicha corriente se hace pasar por el arrollamiento de hilo grueso E, interruptor R, que en este caso se llama *ruptor*, y por masa cierra circuito con el otro polo de los acumuladores. Cada vez que R se abre cortando el paso de la corriente primaria, nace en el arrollamiento S, de hilo fino y muchas vueltas, una corriente de alta tensión que pasa a la bujía, salta entre el electrodo central y el que está unido a masa y cierra por ésta circuito con el otro extremo de la bobina S.

Como se ve, hace falta un órgano móvil: el ruptor R; y como en vez de un solo cilindro hay varios, se necesita otro mecanismo para enviar a cada una de las bujías la corriente de chispa en el momento oportuno. Este segundo órgano móvil se llama *distribuidor*.

Los contactos C del ruptor R, que han de cerrar y abrir el circuito miles de veces por minuto, son mandados por la leva L giratoria con el motor, y puesta a punto con éste para que el corte de la corriente primaria se haga precisamente cuando el pistón está terminando la compresión, en el momento justo en que debe saltar la chispa en la bujía.

El condensador.

Cada vez que se abren los contactos C tiende a saltar entre ellos una pequeña chispa, la de la corriente cortada, que los quemaría pronto; para evitarlo se deriva entre los con-

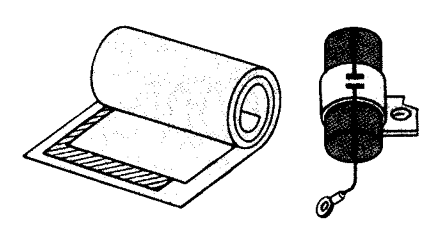


Figura 13.17.

tactos un condensador D, que es un elemento capaz de acumular y conservar cargas eléctricas de signos contrarios; los utilizados en los automóviles están compuestos por dos finas láminas, llamadas "armaduras", de aluminio, estaño o plomo, aisladas entre sí con un papel parafinado (Fig.13.17).

En este caso concreto las chispas del ruptor tienden a producirse por un efecto de "acumulación" de corriente en los contactos, al quedar cortada repentinamente, que se convierte en un aumento de la tensión. Este aumento de tensión es lo suficientemente importante como para que la corriente consiga "saltar", en forma de chispa entre los contactos, cuando empiezan a separarse (distancia muy pequeña). Estas "extracorrientes de ruptura", que así se denominan, y la correspondiente elevación de tensión que originan son particularmente notables en los circuitos que incluyen bobinas y a medida que aumenta el número de éstas, por el fenómeno de autoinducción.

Se puede evitar, "en parte", el fenómeno de acumulación, aumento de la tensión, dando paso por otro camino a la corriente de ruptura en el momento de producirse ésta. El condensador es ese otro camino, pues estando descargado admite corriente para cargarse, cerrando el paso una vez que esto sucede. De esta forma, la corriente ya no está "forzada a saltar", pese a su tendencia (inercia) a seguir pasando, puesto que puede hacerlo hacia el condensador mientras éste se carga y evitando así las chispas en el ruptor. Cuando los contactos de éste se cierran nuevamente, el condensador se descarga a través de estos a masa (cede corriente en sentido contrario), quedando así preparado para prestar sus servicios en la próxima ruptura.

Lo expuesto es el fundamento del *Encendido* de los motores de automóvil. Sólo queda por describir el detalle de los aparatos.

4. ENCENDIDO POR BATERÍA

4.1. Encendido por bobina

En la figura 13.18 se dibuja con detalle este encendido, llamado también *Delco*, porque ésta fue su primera marca. La bobina 1 es de forma circular con tres bornes: 2 y 3 para entrada y salida de la corriente primaria, y 4 para salida de la corriente secundaria. Se supone que el motor es de cuatro cilindros y se usa un distribuidor con cuatro salidas, de las que sólo se ven dos dibujadas.

El ruptor y el distribuidor van colocados en un sólo aparato llamado *cabeza*, que es el conjunto de 9 a 16.

Circuito primario.

Sobre el platillo fijo 5 hay un contacto 6 llamado *yunque*, sobre el que se aplica el otro contacto 7 colocado en el extremo de un resorte, *martillo*, que está fijo al platillo por su otro extremo 8. El platillo está atravesado en su centro por el eje vertical ZZ, que gira con el motor del vehículo por medio de un engranaje 9. Este eje vertical lleva a la altura del platillo una leva 10 con tantos salientes como cilindros tenga el motor (en la figura son cuatro). Al girar ZZ, la leva 10 tropieza con sus salientes en el martillo 7 y obliga a separarse los contactos 6 y 7 que forman el ruptor propiamente dicho.

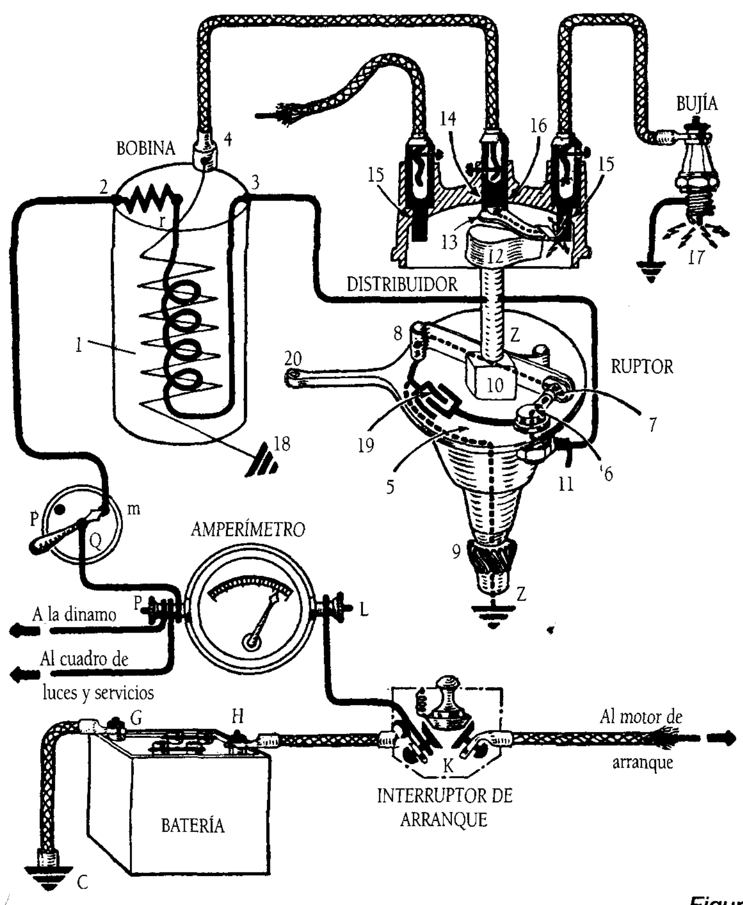


Figura 13.18.

El circuito de la corriente primaria es el siguiente: sale del borne H de la batería, sigue por el borne K del interruptor de arranque, amperímetro, interruptor o llave de encendido Q, que tiene dos posiciones: "p", de parada, en la que la corriente queda ahí cortada, y "m", de marcha, en la que la corriente sigue por 2, resistencia "r", que ya se dirá para qué es, bobina de hilo grueso, sale por el borne 3, entra en el ruptor por el borne 11, pasa por los contactos del ruptor 6 y 7, resorte 7-8 y en 8 se va a masa por la línea de puntos que se ve en la figura, pues el eje ZZ está en contacto con la masa metálica del bloque motor, cerrando circuito con el borne G de la batería, que está unida a masa en C.

Cada vez que la leva 10 separa los contactos 6 y 7, se interrumpe la corriente del circuito primario, y en ese instante "nace" en el arrollamiento de hilo fino de la bobina 1 una corriente de alta tensión.

Circuito secundario.

El distribuidor está formado por un dedo 12 de material aislante sobre el que va un resorte 13, que tiene un extremo apoyado constantemente sobre el borne de carbón 14, y el otro pasa, al girar el eje ZZ con el dedo 12, muy cerca, casi rozando (el espacio que queda es de dos

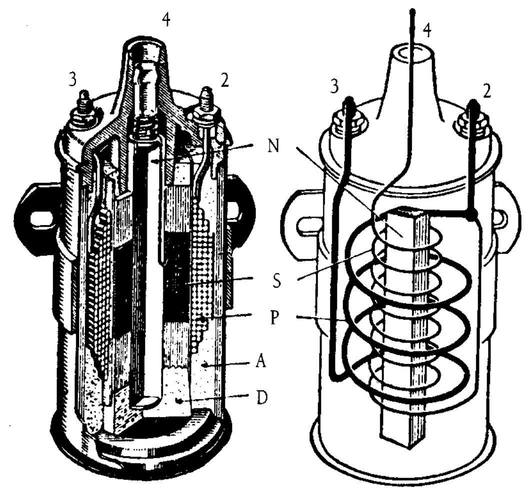


Figura 13.19.

a tres décimas de mm., y la corriente de alta tensión que va a las bujías lo salta en forma de pequeña chispa y sin que por esto pierda fuerza, según se explicó en la disruptura), los terminales 15, que se unen a los cables que llevan la corriente al electrodo central de la bujía. El borne de carbón 14 y los terminales 15 están colocados sobre la tapa fija 16, de material aislante, que se une al platillo 5 con una abrazaderas de fleje de acero y puede desmontarse fácilmente.

En resumen, el plato 5 con su tapa 16 están quietos; al girar ZZ, la leva 10 hace funcionar el ruptor 6-7, y el dedo distribuidor 12 recoge la corriente secundaria de alto voltaje en 14 y por el muelle 13 la envía a los terminales 15 de los cables de las bujías.

El circuito secundario es el siguiente: la corriente que nace en el arrollamiento de hilo fino de la bobina sale de ésta por el borne 4, sigue por un cable hasta el borne central 14 de la tapa 16, resorte 13, terminal 15, cable que va hasta el electrodo de la bujía, salta al espacio entre sus puntas 17 y se va a masa por la rosca, cerrando circuito en la bobina con la toma de masa 18 del otro extremo del arrollamiento de hilo fino.

El arrollamiento secundario no lleva su toma de masa 18 independiente, como por claridad de la explicación se dibuja en la figura, sino que lo hace a través de la bobina primaria, la de hilo grueso. Así se ve en el esquema de la figura 13.19, bajo el borne 2; de este modo se ahorra una toma de masa en la bobina que sería un contacto y un borne más que cuidar, facilitándose el cambio en caso de avería. Al lado del esquema se muestra el interior de la bobina cortado. El núcleo N es de láminas de chapa magnética; sobre él se arrollan los circuitos secundarios S y primario P (unidos bajo 2 para ahorrar una toma de masa). El conjunto se apoya en la pieza aislante D y se rellena con mástic A. La corriente de la batería entra por 2 y sale por 3; la de alta tensión sale por 4 al distribuidor.

Muchas bobinas modernas llevan aislamiento interior de aceite, y aunque van perfectamente selladas para que no se derrame ni entre polvo o humedad, deben mantenerse siempre de pié, con el terminal de alta tensión para arriba. La finalidad de este sistema es conseguir una menor elevación de la temperatura, gracias a una mejor evacuación del calor y a la capacidad que el aceite tiene de absorberlo, protegiendo de esta forma el aislamiento de los devanados.

La posición del Encendido en el esquema general eléctrico se muestra en la figura 14.8.

Polaridad de la bobina.

Las conexiones de los bornes 2 y 3 al interruptor del encendido (lado de la batería) y al ruptor del delco (Fig.13.18) no son indiferentes, sino que deben hacerse teniendo en cuenta la polaridad de la bobina. La razón es que la corriente eléctrica salta mejor cuanto más caliente esté el electrodo negativo, por que facilita el paso de electrones.

En la bujía el electrodo central trabaja siempre a temperatura superior al de masa por que está encerrado en el aislante, que debe mantenerse entre 600° y 800° para quemar el aceite

que pueda alcanzarle, evitando el "engrase". El electrodo de masa está unido a la parte metálica conductora del calor y por tanto a bastantes menos grados. Por esta razón conviene que el electrodo central sea de polaridad contraria respecto a la masa del vehículo, y esto cualquiera que sea el polo de la batería puesto a masa. Las bobinas suelen señalar los terminales 2 y 3 del primario con las iniciales B, batería, y T, "timer" o ruptor, o más frecuentemente con (+) y (–) para unir a los lados (+) y (–) de la batería. En la figura 13.20-1 (polo negativo de la batería a masa, como es ahora lo corriente) se ve como se conecta la bobina B al ruptor R y a la batería, a través de la llave Q del encendido: el polo (+) con el (+) de la batería, que es el activo. Pero si el de masa fuese el positivo, dibujo 2, entonces el (+) de la bobina sería el que se enlazase al ruptor R de la cabeza de delco D, para unir el —) con el (–) de la batería, ahora polo activo.

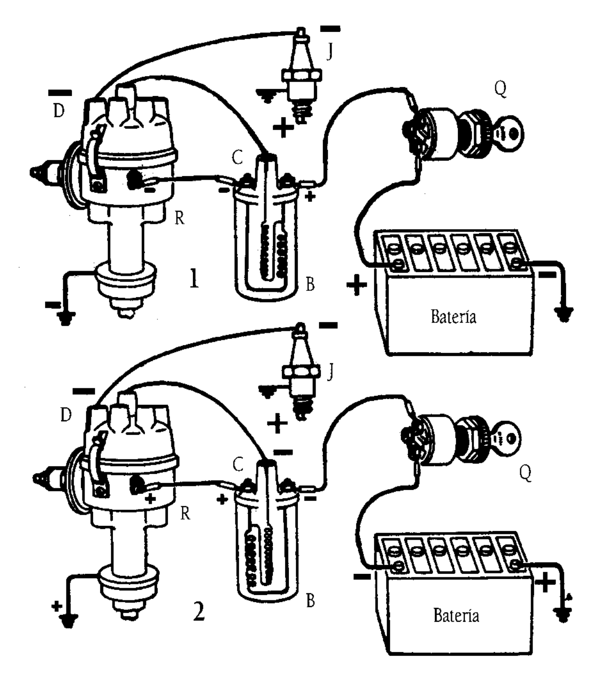


Figura 13.20.

En ambos casos, dibujos 1 y 2, se ve como el terminal central C resulta negativo porque el otro extremo del arrollamiento secundario queda enlazado al (+) de la batería, bien por Q en 1 o bien por R y masa, en 2. La diferencia de conexionar así a hacerlo invirtiendo los terminales de la bobina representa una pérdida de un 15 a un 30 por 100 en la eficacia posible en las bujías, o sea, que se necesita de un 15 a un 30 por 100 más de voltaje para obtener buena chispa en las mismas. Cuando se trabaja cerca del límite de posibilidades, la polaridad equivocada puede originar dificultades, especialmente al arrancar en tiempo frío, ralentí irregular y fallos al acelerar y a gran velocidad de giro.

Obsérvese que, si la bobina viene marcada con las letras B y T, está preparada para que sea un determinado polo de la batería el unido a masa. Si no se sabe bien cuál debe ser, es lo mismo que si se careciese de marcas; entonces habrá que probar si está bien colocada o no, y para ello (Fig.13.21) se desemborna una bujía y, con el motor en marcha, se pone un lápiz de madera con la mina de grafito bien descubierta, entre el

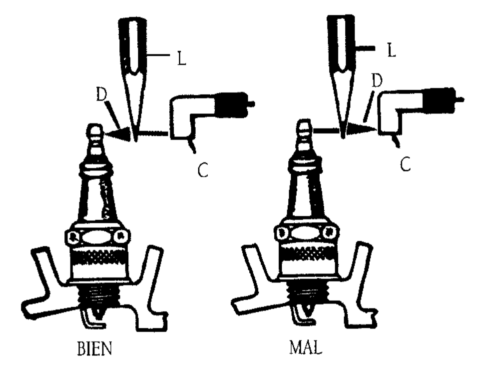


Figura 13.21.

cable C y el terminal de la bujía separados unos 6 milímetros; si la chispa dividida por la mina del lápiz salta en forma de llamarada o destello anaranjado D entre el lápiz y el cable, deben cambiarse las conexiones entre los bornes de baja tensión de la bobina.

El arrollamiento primario de las bobinas corrientes tiene del orden de las 200 espiras, y el secundario más de 20.000. Aunque por la relación de estas cifras parece que el voltaje del secundario no sería sino unas cien veces superior al de la batería que alimenta el primario, en la realidad el corte de la corriente por el ruptor produce otro fenómeno que eleva el voltaje mucho más. Se trata de la extracorriente de ruptura, de la que ya se habló al justificar la presencia del condensador en el sistema de encendido. Se había visto cómo se elevaba el voltaje notablemente y se decía que el condensador lo evitaba "en parte".

No son, por lo tanto, todo inconvenientes lo que origina la presencia de la extracorriente de ruptura. El condensador hace desaparecer los primeros, rebajando el aumento de tensión notablemente, para evitar que se produzcan chispas entre los contactos de ruptura, pero no impide que se alcancen los 200 voltios aproximadamente, para poder aprovechar las ventajas que esto supone; con tensiones más elevadas se producirían ya chispas de cierta importancia.

Para aclarar mejor estos conceptos hay que volver a la analogía del agua: al cortar repentinamente una corriente eléctrica, ésta tiene tendencia a seguir pasando, como la inercia del agua que circula por una tubería hace que, al cerrar el grifo, ésta se acumule originando el llamado "golpe de ariete". El primero de los fenómenos ocurre en cualquier interruptor eléctrico y el segundo en la válvula o grifo de cualquier tubería de agua. En este último caso, el fenómeno puede agravarse notablemente si en el recorrido de la tubería se intercala uno o más sifones, como los de las cisternas de descarga repentina, por razones evidentes. Análogamente, en la ruptura eléctrica, los efectos son mucho más notables cuando existen bobinas en el circuito. La disminución brusca de la corriente origina una no menos brusca disminución del flujo magnético que las atraviesa, y ésta engendra, como se acaba de ver, una tensión, que tiende a que la corriente siga pasando. Esto es exactamente el fenómeno de "autoinducción" en lo devanados, origen de las "extracorrientes".

En definitiva: el corte es como un golpe de ariete, las bobinas como los circuitos sifónicos y los condensadores como depósitos de paredes elásticas que almacenan una cierta cantidad y la devuelven después lentamente. Un depósito de este tipo, intercalado en la tubería de agua, disminuiría los golpes de ariete.

El condensador del sistema de encendido deja pasar una parte de la "extracorriente" almacenándola unos instantes y devolviéndola luego. Pero no demasiada, para que se alcancen aproximadamente los 200 voltios. Como esa tensión desaparece en el acto, la inducción en el secundario responde a su voltaje, que, multiplicado por 100, da los 20.000 voltios usuales para la corriente de encendido.

La resistencia "r" (Fig.13.18) se ponía por si estando parado el motor, se dejaba el interruptor Q en posición de marcha; si los contactos 6 y 7 estuvieran juntos, como es posible que queden al parar el motor, la batería se descargaría a través del circuito primario, con peligro de que se quemara la bobina. Para evitarlo se intercalaba la resistencia "r", de una aleación a base de hierro con la propiedad de aumentar su resistencia eléctrica a medida que sube su temperatura, con lo que se impiden ambos riesgos.

Desde que el interruptor Q tiene una llave de "quita y pon", y sobre todo desde que el arrollamiento primario se coloca por encima del secundario hacia el exterior de la bobina, para que ésta refrigere mejor, dejó de ponerse la resistencia "r". Volvió a usarse en algunos casos porque estando caliente en funcionamiento normal, deja pasar la intensidad justa

para que la bobina se queme si Q, 6 y 7 cierran circuito; pero si está fría permite mayor corriente, por su menor resistencia que en caliente, con lo que la chispa resulta más potente en el momento del arranque en frío.

Con objeto de aprovechar esta cualidad de facilitar el arranque en frío, al cambiar a 12 voltios las instalaciones americanas, se conservaron los arrollamientos de casi todas las bobinas iguales, o sea, para seis voltios, añadiéndoles la resistencia adecuada, allí llamada resistor, para absorber los otros seis. Como las disposiciones son variadas, conviene conocerlas para estar al tanto de posibles casos de avería y evitar percances en caso de sustitución.

Hay cuatro sistemas de bobinas:

1°. La de 12 voltios sin resistor, más bien usada en vehículos europeos, que tiene su primario con toda la resistencia eléctrica conveniente para el pleno voltaje de la batería.

2°. La bobina con primario para menor voltaje, con un resistor externo R (Fig.13.22-E) sensible a la temperatura, o sea, que en frío deja pasar más corriente para facilitar el arranque, y al calentarse aumenta su resistencia hasta establecer el régimen debido.

3°. El mismo caso anterior, pero con la resistencia R en el interior de la bobina (Fig.13.22-I) como en muchas Auto-Lite americanas.

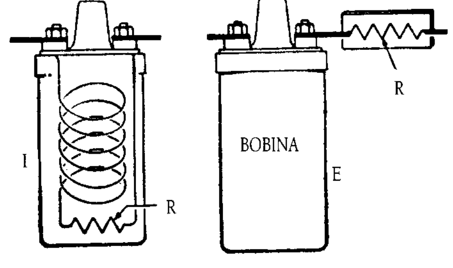


Figura 13.22.

4°. La resistencia 6 (Fig.13.23) es exterior a la bobina e insensible a la temperatura, casos Delco-Remy y Ford, para la mayoría de los automóviles americanos, o sea, que su valor no varía al calentarse. Su presencia es necesaria para absorber los seis voltios antes citados, pero en el momento del arranque queda fuera de circuito: la corriente B de la batería normalmente pasa por 1 y el resistor 6 al primario de la bobina 7, de la que por 8 sigue al ruptor. Cuando se arranca el motor cerrando el interruptor 2 que manda el relé 3, la armadura de éste, además de cerrar el verdadero interruptor del arranque, une por 4 los contactos "m" y "n", con la que la corriente de la batería no pasa por 6 sino por 1-5-4, dejando a 6 en cortocircuito. Así se aplica todo el voltaje disponible a la bobina 7 y durante los instantes en que el arrancador arrastra al motor las chispas son especialmente potentes, en vez de ser debilitadas a causa de la caída de tensión que produce el enorme consumo del arranque. Al encenderse el motor se suelta 4 y de nuevo la bobina es alimentada a través de la resistencia 6.

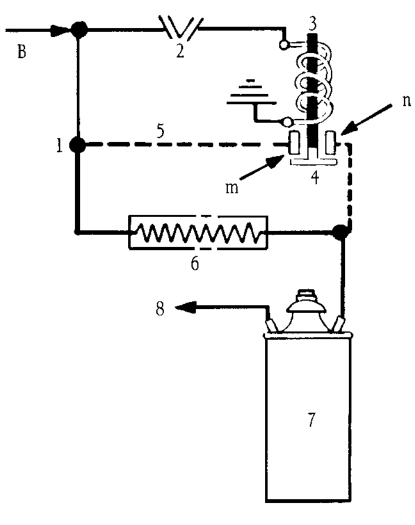


Figura 13.23.

Como los resistores externos van separados de las bobinas, a veces situados tras el tablero, antes de culpar de un fallo a la bobina deben comprobarse aquéllos por si su rotura es la causante de la avería. Cuando se repone una bobina

que no es de origen, puede ocurrir que hubiera estado colocada otra con resistencia interior, como las Auto-Lite,, y si la nueva no la lleva, como Ford y Delco-Remy, se queman la bobina o los contactos del ruptor.

Las bobinas con resistencia incorporada (Fig.13.22-1) casi siempre la llevan en el fondo accesible: se desdoblan las chapitas que sujetan la tapa y se puede reponer el resistor que va intercalado con dos tornillos.

El *ruptor* (Fig.13.24)

Está compuesto por el yunque Y, generalmente montado en la chapita portadora que sujetan los tornillos G y X, y el martillo M pivotante en U. La pieza M tiene un saliente o pistón de fibra dura al que un muelle R obliga a apoyar sobre la leva L; cuando ésta gira, sus saliente hacen oscilar a M en su pivote U y su contacto martillea sobre el yunque Y. Así se corta la corriente primaria que entra por el borne F, pasa por el muelle R a los contactos Y y sigue a masa.

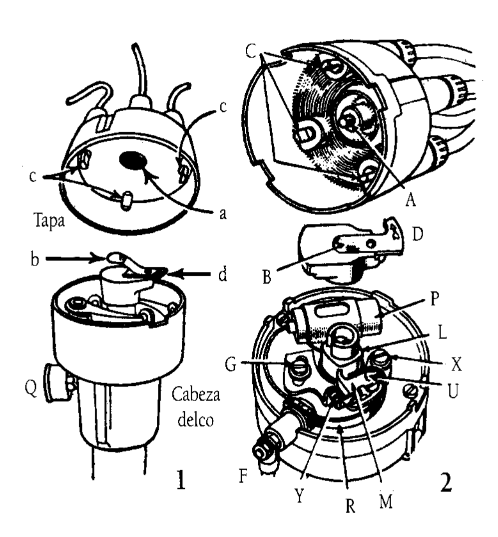


Figura 13.24.

Supóngase un motor de cuatro cilindros que gira a 4.200 revoluciones por minuto, caso frecuente en la práctica. Como ya se dijo, cada ciclo de cuatro tiempos se realiza en dos vueltas del cigüeñal, es decir, que por cilindro hay una explosión cada dos vueltas. Como éstas son 4.200 por minuto, serán 2.100 explosiones cada minuto, o sea, 2.100 chispas que saltarán en cada bujía. Siendo cuatro los cilindros, el delco debe producir 8.400 chispas por minuto; y para ello el ruptor Y debe cortar 8.400 veces por minuto la corriente primaria. Si el vehículo gira a esas revoluciones nada más que un par de horas, habrá que ejecutar 1.008.000 rupturas. Como cada vez que se corta la corriente se produce una pequeña chispa entre los contactos del ruptor, a poco de usarse se quemarían, y para evitarlo se coloca, derivado entre los dos contactos, el condensador señalado en 19 (Fig. 13.18) y descrito en la figura 13.17. En la 13.24-2 es P, colocado en su sitio habitual dentro de la cabeza delco, derivado entre el borne F de entrada de corriente y masa. En el dibujo se ve el pequeño cable que va de F a P. A pesar del condensador, los contactos se van poniendo rugosos, se desgastan y se queman parcialmente a causa del martilleo y el calor. A los 16.000 kilómetros, a veces antes, podrá ser necesario cambiarlos, cosa que conviene hacer de todos modos a los 24.000 kilómetros como máximo.

Los contactos 6 y 7 (Fig.13.18) son de tungsteno, aunque vulgarmente se les llame *platinos*. El 6, llamado yunque, es un tornillo que puede tener contratuerca para graduar y fijar el espacio que ha de quedar entre él y 7 cuando éste se halla separado lo más posible por la leva 10. Esta holgura se ajusta con un calibre y vale de 3,8 a 6,3 décimas de milímetro (de 15 a 25 milésimas de pulgada), según el tipo de motor. En muchas cabezas delco el contacto 6 no es reglable en la forma dicha, sino que este yunque va montado sobre la chapita portadora que se explicó en la figura 13.24-2; para ajustar la separación

máxima se gira a mano el motor, o se desplaza el vehículo, hasta que la leva empuje lo más posible al pitón de M (posición de la figura), se afloja el tornillo de fijación G y se gira el excéntrico X con el que se mueve la chapita portadora; ajustado el huelgo al calibre que se intercala entre los dos contactos, se fija la posición del yunque apretando G. En la figura 13.53 se detallan los dos tipos de procedimientos de ajustar la holgura máxima entre los contactos del ruptor.

En muchos motores 8V del grupo Chrysler se usa una cabeza delco cuya leva tiene tantos salientes como cilindros y, sin embargo, hay dos ruptores (Fig.13.25); esto es porque se usa el C para cerrar el circuito y el A para abrirlo. Ambos van montados en paralelo y uno funciona ligeramente desfasado con el otro. De este modo (1), cuando A todavía está abierto del último corte y aún tardaría un instante en cerrarse, ya C cierra el circuito en seguida que salte la chispa. Cuando A se cierra no pasa nada porque ya lo está C, y al abrirse éste (2) tampoco pasa nada porque aún está cerrado A. En cambio, cuando a continuación se abre A se corta el circuito y se produce la chispa (3) porque ambos están abiertos. El ciclo se repite pasando a 1. Con este artificio se consigue que el circuito primario esté cerrado durante unos 7° más de giro, con lo que la corriente puede alcanzar su máximo.

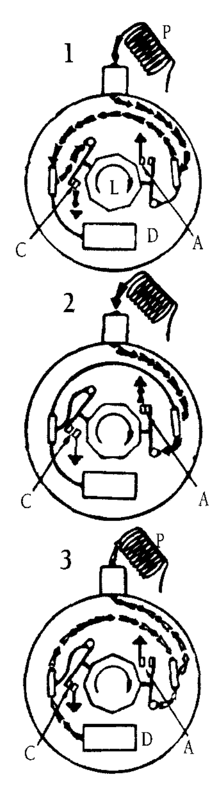


Figura 13.25.

De análogo sistema eran los ruptores usados por los 8V de Ford y Mercury hasta 1949.

En la figura 13.24 se ven destapadas dos cabezas delco mostrando los respectivos *distribuidores*. En realidad, sólo varía el dedo o pipa; en (1) es un muelle "b" el que se apoya en el carbón de llegada "a", y por el dedo "d" distribuye la corriente a los terminales "c" de los cables de bujías. En (2), el carbón de llegada A lleva el muelle que apoya en B de la pipa giratoria D, para salir igualmente por los terminales C a los cables de bujías, Q es el engrasador del eje vertical de giro.

En la figura 13.26 se representa desarmada, una cabeza de delco en la que la corriente secundaria que viene de la bobina por el cable central V pasa por la escobilla de carbón A a su apoyo B en el dedo del distribuidor, por cuya punta D salta a los terminales C (tantos como cilindros) de los cables que la llevan a las bujías. Por F entra la corriente de baja tensión que viene de la bobina para el ruptor R, movido por la leva giratoria con el eje general Z; se gradúa la holgura entre los contactos de aquél mediante los tornillos sobre escotaduras visibles en la chapita portadora del ruptor (análogos a los G y X de la figura 13.24).

Debajo de la placa que lleva el ruptor y el condensador (Fig.13.26) está el mecanismo de avance automático (H y P), que luego se explicará; todo el conjunto va encerrado en la caja K, a la cual se sujeta la tapa por medio de abrazaderas X que entran en las escotaduras S. La caja se sujeta con el tornillo T. El eje de giro Z recibe movimiento desde el motor (un engranaje en el árbol de levas), por él reciben movimiento la leva L y el dedo D.

La cabeza delco se coloca corrientemente en el extremo superior del eje que manda la bomba de aceite (Fig.13.18); el extremo inferior del árbol Z, por debajo del engranaje 9, lleva una muesca apropiada para acoplarlo al árbol de la bomba de engrase del motor,

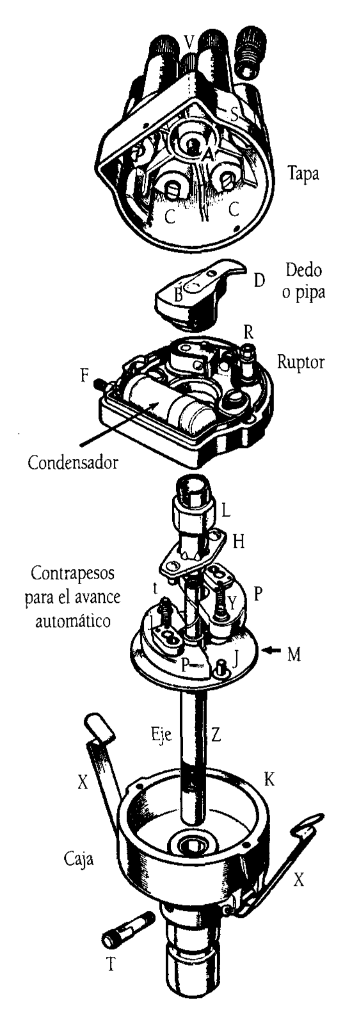


Figura 13.26.

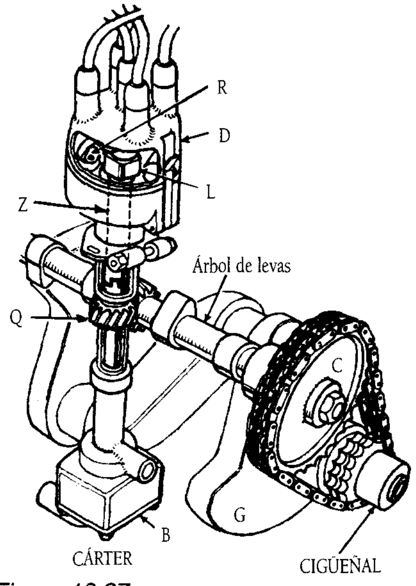


Figura 13.27.

debiéndose tener cuidado al colocar el delco de que engrane bien la muesca. También puede estar el engranaje formando parte de la bomba (Fig.13.27), con la muesca por encima de aquél, como se ve en el dibujo. La cabeza del delco D manda el ruptor R con la leva L cuyo eje Z se acopla en la muesca que está por encima del engranaje Q que da movimiento a la bomba de aceite B desde el árbol de levas C, movido a su vez por cadena desde el cigüeñal G.

Otras veces, el mando de la cabeza delco, situada sobre el bloque motor, se hace por un eje que recibe su movimiento del árbol de levas, pero que no es el de mando de la bomba de aceite.

4.1.1. Avance al encendido

En la figura 13.28 se representa el funcionamiento del *avance automático*, que se ve despiezado con las mismas letras en la figura 13.26. El eje Z hace girar el disco M, sobre cuyos pivotes J se articulan los contrapesos P, los cuales llevan unos agujeros en los que entran los tetones "t" de la placa H, y es a través de ésta como sigue el giro de Z hasta la leva L y el dedo D.

A medida que aumenta la velocidad del motor y, por tanto, del eje Z, los contrapesos P tienden a separarse por fuerza centrífuga (Fig.13.28), basculando sobre los pivotes J; al separarse (detalles 2 y 3) tuercen la placa H con relación al disco M (venciendo la acción de los resortes Y), con lo que también varía la posición de la leva con relación al eje Z y, por consiguiente, se altera el momento de la ruptura del primario y se adelanta la produc-

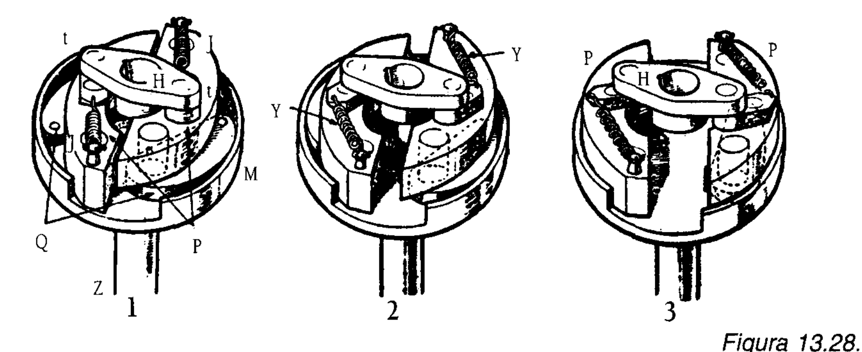


Figura 13.28.

ción de la chispa, tanto más cuanto mayor sea la velocidad del motor. Cuando desciende ésta, los resortes juntan de nuevo los contrapesos P.

Los contrapesos auxiliares Q, que llevan algunas instalaciones, sirven para afinar con precisión el grado del avance, pues están montados de manera que a bajo número de revoluciones (detalle 1) ayudan con su fuerza centrífuga a los P; a velocidades medias (detalle 2) no actúan en ningún sentido; y a gran velocidad (detalle 3) contienen la excesiva separación y avance que tienden a dar los contrapesos principales. Otras veces se consigue esto mismo con un resorte de lámina, adicional a los Y, o bien poniendo estos dos desiguales en fuerza, lo que ha de tenerse en cuenta si deben reponerse.

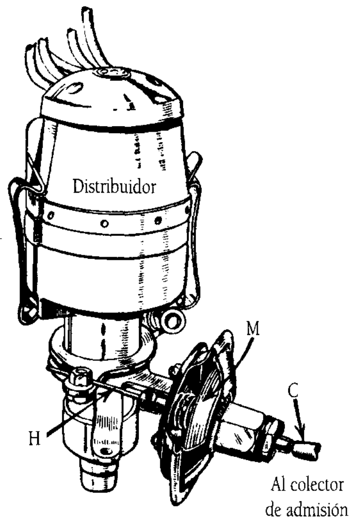


Figura 13.29.

El avance automático mecánico explicado actúa con arreglo a la velocidad del motor, pero ya se dijo que el avance dependía también de la carga, esto es de la posición de la mariposa de gases, que estará tanto más abierta, con menos vacío en el colector de admisión, cuanto más se pise el pedal del acelerador. Esto da un medio automático de regular el avance por tal concepto, mediante un *control de vacío* o servo (Fig.13.29) que hace que la caja del distribuidor gire más o menos en función de la fuerza de la depresión que por un tubo llega desde el colector de admisión al servo con membrana M. Ésta será atraída en proporción al vacío del colector, y por medio de la varilla H hace girar el avance.

En la figura 13.30 se muestra la conexión C al colector de admisión, que en realidad se hace siempre inmediatamente antes de la mariposa V; la depresión tiende a avanzar el encendido tirando de la varilla H, que aquí gira el plato. El resorte K, por el contrario, lo retrasa. Si se observa que el avance es excesivo al levantar el pie del acelerador, se colocará un resorte K más fuerte; si pareciera insuficiente, puede probarse un muelle más flojo.

En resumen, el avance puede ser:

a) Fijo, sin que el conductor pueda variarlo; sistema empleado en los pequeños motores hace tiempo.
b) Automático mecánico.

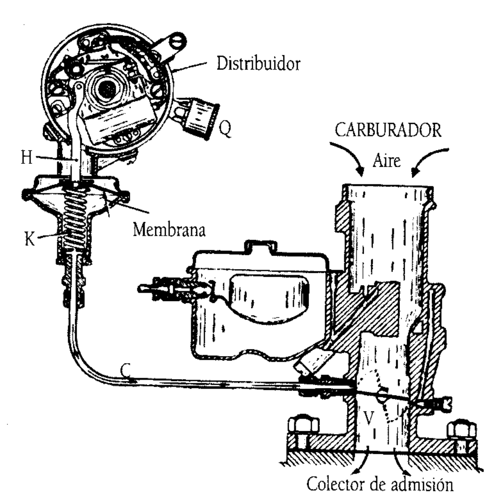


Figura 13.30.

c) Automático mecánico y de vacío, combinando entre ambos el mejor avance con arreglo a la velocidad y carga del motor.

En la figura 13.31 se detalla un modelo de la casa Delco-Remy, dispositivo completo de avances combinados mecánico y de vacío.

La tapa 1 (dibujos A y B) cubre todos los mecanismos interiores, quedando éstos a la vista al quitarla. Se sujeta con dos pivotes con muelles que, por sus encorvaduras 20 fijan la tapa a la del conjunto, equivalente a la antigua caja. Para destaparla se aplica un destornillador a la cabeza ranurada de los pivotes haciéndolos ceder hacia abajo, se giran media vuelta y se desprende la tapa 1.

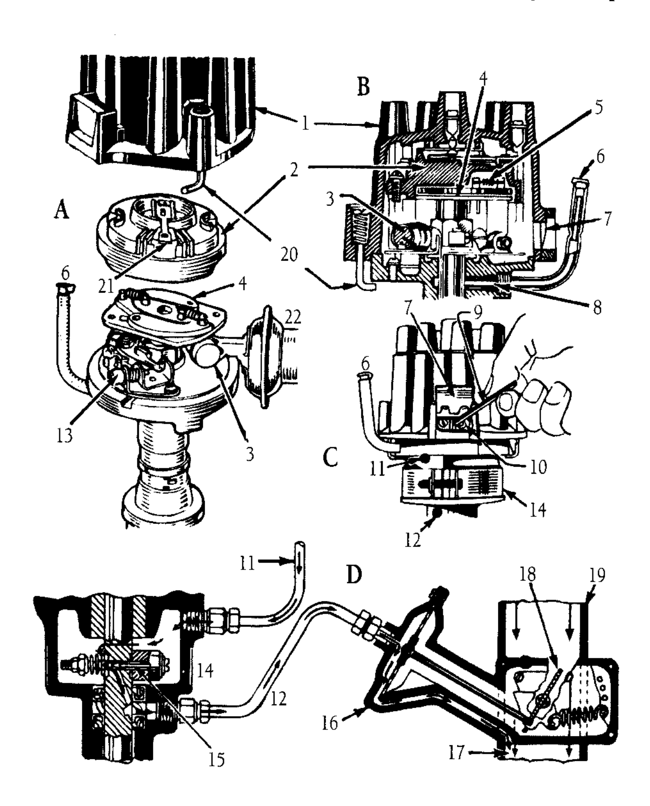


Figura 13.31.

El rotor 2 es una pieza redonda que lleva el dedo metálico o pipa en 21. Inmediatamente debajo está el mecanismo del avance centrífugo mecánico, cuyos contrapesos 4 son muy delgados; sus resortes se ven en 5. Debajo queda el plato del ruptor 13, con el condensador 3. Una ventanilla lateral 7 (véase también el dibujo C) permite, al levantar su tapita desde fuera, el reglaje de los contactos del ruptor sin destapar la cabeza y estando el motor en marcha al ralentí. Hay un aparato especial para graduar el huelgo desde fuera, pero si no se tuviera se hace con bastante aproximación aplicando una llave seisavada 9 al hueco del tornillo 10; se gira a derechas hasta que por acercar demasiado los contactos empiece a "ratear" el motor (fallo de explosiones), entonces se gira 9 media vuelta a la izquierda, y quedará efectuado el reglaje.

En 22 se señala la caja con membrana para el avance por vacío.

Los contactos del ruptor 13 están sobre un pequeño bastidor-soporte que puede desatornillarse de la placa portadora y permite el cambio con facilidad.

Para los camiones, esta cabeza (véanse los dibujos C y D) lleva un suplemento 14 que contiene un regulador centrífugo 15 y dos orificios 11 y 12 para las tuberías de estos números. La 11 viene de la entrada de aire para el carburador, con una presión prácticamente igual a la atmosférica; la 12 enlaza la cámara inferior del distribuidor por 16 con una toma de vacío 17 debajo de la mariposa de gases 18 en el cuerpo de carburación 19.

El regulador 15 es una varilla horizontal que gira con el eje del distribuidor; un contrapeso (a la derecha) puede desplazarse debido a la fuerza centrífuga del giro, contenido por el resorte del extremo izquierdo, graduable por una tuerca que puede girarse desde fuera mediante una ventanilla que aparece tapada por el anillo o cinta 14.

La presión atmosférica que llega por 11 pasa por el eje 15 al conducto inclinado hacia la cámara inferior, desde donde sigue por el tubo 12 a la parte izquierda de la membrana que hay en 16. Por tanto, el aire que viene por 11 sale por 17 sin actuar sobre la membrana de 16; pero cuando la rotación del motor aumenta también lo hace la del eje del distribuidor, el contrapeso tiende a separarse venciendo su resorte y el eje de aquél va obturando el paso del aire. Llega un momento en que dicho paso se corta y entonces el vacío en 17 aspira y levanta la membrana de 16, la cual tira de la mariposa por la varilla dibujada, conteniendo así la velocidad del motor. Aunque el conductor pise el acelerador, el mando de éste sobre la mariposa no actúa porque queda loco, en la parte que cierra la membrana, mediante las levas que 18 tiene en su eje.

4.1.2. Engrase

Cinco son los puntos que deben lubricarse cada 1.000 a 5.000 kilómetros, dependiendo de la marca del vehículo, en una cabeza de delco, si bien todos ellos muy moderadamente (Fig.13.32).

1. Se quita la pipa D y por el orificio descubierto se echan dos gotas de aceite sobre la mecha de fieltro que lleva dentro. Con esto se lubrica la parte superior del eje.
2. Le leva L se frota con un trapito manchado de vaselina sólida o grasa blanda, para dejarla apenas grasienta, con objeto de que el roce con la fibra del ruptor sea suave y no "chille".

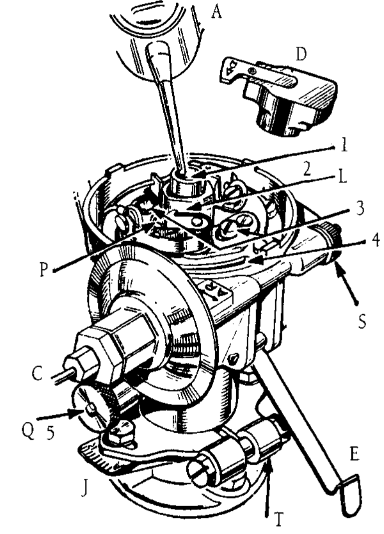


Figura 13.32.

3. El mecanismo de avance automático se lubrica con dos gotas de aceite fluído en el orificio 3.
4. En el borde suele haber de una a tres muescas por las que se echa una sola gota, lubricándose tanto el roce del plato con la caja como, a veces, el mecanismo de los contrapesos del avance.
5. El eje vertical del distribuidor suele tener un engrasador Q, señalado también en la figura 13.24, relleno con grasa blanda, al que se le dará una vuelta cada mil kilómetros o bien mensualmente.

Es importante atender la lubricación del delco, pero sería peor echarle demasiado aceite. No debe pasarse de las cantidades indicadas. De todas maneras, en los aparatos modernos ya no es preciso ocuparse del engrase, puesto que éste es automático, preparado por el fabricante para durar toda la vida a base de pequeños depósitos con lubricantes especiales.

4.1.3. Retardo al encendido

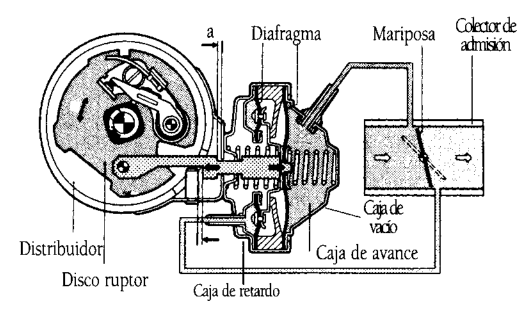


Figura 13.33.

La "caja de retardo" demora el momento del encendido en diversas circunstancias del motor: marcha en vacío, sobrerrevolucionado, para mejorar el gas de escape. El vacío en el colector de admisión se toma, en este caso, detrás de la mariposa. El diafragma anular se mueve junto con la barra de tracción hacia la izquierda en el momento en que existe un vacío, haciendo girar el disco ruptor, junto con éste, en el sentido de giro del eje del distribuidor. Este sistema trabaja independiente del de regulación de avance, estando subordinado a él. Un vacío simultáneo en ambas cajas produce el avance correspondiente con carga parcial. En la figura 13.33 se muestra el esquema Bosch.

4.1.4. Puesta a punto del encendido por batería

Se ha dicho ya que la chispa debe saltar en el momento preciso en que haga falta en el cilindro; esto se consigue colocando el distribuidor debidamente sincronizado con el motor. Para ello se procede de la siguiente manera:

1) Se comprueba que el encendido está cortado, se limpian y ajustan los contactos del ruptor.
2) Se determina en la forma ya indicada, si no se conociera, el orden de explosiones del motor.
3) Se comprueba el sentido en que gira el dedo del distribuidor.
4) Se coloca el primer cilindro en explosión. Para ello se da vueltas al motor empujando el vehículo con una velocidad puesta y se observan los taqués o balancines de las válvulas del primer cilindro; cuando se haya cerrado la de admisión se sigue girando el motor muy despacio, pues ya estará en compresión dicho primer cilindro, hasta ponerlo en el momento preciso de la explosión. Puede colocarse también el cilindro en explosión atendiendo a las succiones o compresiones a través del agujero de montaje de la bujía; las succiones corresponden a los tiempos de admisión y explosión, siendo en éste en el que

se notará más por estar cerradas entonces las dos válvulas; las compresiones corresponderán al tiempo de compresión y escape y se notará más el primero.

Una vez colocado el pistón del primer cilindro en compresión se observa a través de la mirilla que, sobre la carcasa o cárter del motor, pone al descubierto la señal de puesta a punto. Se hace girar el motor hasta coincidir la señal fija del cárter , con la referencia del volante (Fig.13.34-2); como puede observarse, junto a las letras ADV (avance) hay un número (7) que indica los grados de giro que faltan al cigüeñal para llegar al punto muerto superior. Las letras y números, pueden variar según marcas y modelos.

Otros motores llevan la referencia en la polea para la correa del ventilador (Fig.13.34-1).

Si al intentar hacer coincidir las señales del volante y de la carcasa, se pasara la señal del volante, no se debe hacer girar el motor en sentido contrario hasta lograrlo; las holguras de los engranajes falsearían la puesta a punto.

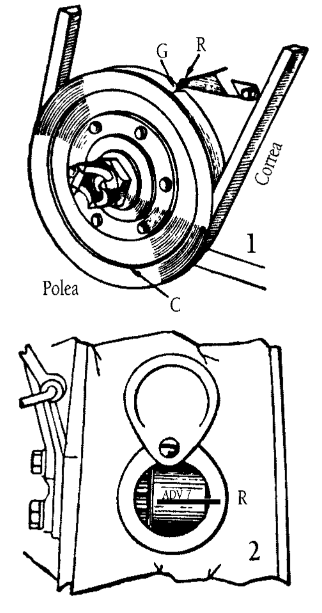


Figura 13.34.

5) Una vez colocado el pistón del primer cilindro en el momento de la explosión y montado el distribuidor en su alojamiento, debe buscarse la posición exacta en que los contactos del ruptor se separan. Para ello se aflojará el tornillo de la abrazadera de sujeción del distribuidor y se gira ligeramente su cuerpo, en sentido contrario al de giro, hasta que los contactos empiezan a separarse; después se apretará dicho tornillo.

Se aprecia este instante con exactitud por medio de una bombilla, de las usadas en los faros, que se tiene en un portalámparas con un trozo de flexible; se desemborna (Fig.13.18) en 11 el cable que trae la corriente al ruptor, y se une este cable a uno de los hilos del flexible mientras el otro se emborna en 11. El resultado es haber puesto en serie el filamento de la bombilla con el circuito de la corriente primaria y, por consiguiente, aquella se encenderá cuando los contactos del ruptor estén juntos, mientras que al separarse la bombilla se apaga. Claro está que durante esta operación hay que dar la corriente del encendido; una vez terminada vuelve a cortarse.

También puede ponerse la bombilla en derivación sin desembornar ningún conductor. Se conecta uno de los hilos del flexible al borne 11 de llegada de corriente al ruptor, ó en el 3 ó en el 2 de la bobina (Fig.13.18), y el otro hilo se pone tocando a masa; cuando los contactos están juntos, la corriente se va por ellos y no por la resistencia que ofrece el filamento, que estará apagado, pero al separarse, la bombilla se enciende puesto que la corriente se va por ella a masa.

Otro procedimiento es, dado el encendido, mirar la aguja del amperímetro; cuando ésta cae a cero es que en ese instante se separan los contactos del ruptor.

6) Montado el distribuidor en el preciso momento de producir una chispa e inmovilizado el conjunto, se levanta el rotor o pipa del encendido y se observa, superponiendo en su lugar la tapa de distribución, a qué borne de salida apunta el rotor; este borne debe conectarse a la bujía del primer cilindro. Después, conocido el orden de encendido de los demás cilindros y el sentido de giro del rotor, no hay más que conectar los demás cables con las bujías correspondientes. Por ejemplo, supuesto un motor de seis cilindros

en el que el orden de explosiones resulta ser 1-5-3-6-2-4, y giro a derecha del rotor, se une el cable que sale de la derecha del primer cilindro al 5°; el siguiente al 3°, etc.

7) Una vez hecho el reglaje, hay que esperar la confirmación con el vehículo en marcha, pues puede haber quedado a punto con arreglo a las marcas del fabricante y no responder a las exigencias de la gasolina, o bien no se alcanzó la exactitud necesaria. El retoque final se hace por ligeros tanteos moviendo en el sentido adecuado la caja del distribuidor.

Sucede muchas veces que los cables de bujías son de diferente longitud, y en ese caso, al colocar engranado el eje del distribuidor, se hace ya de modo que el dedo apunta hacia el cable del primer cilindro, o sea, que la caja se coloca también aproximadamente de modo que cuando se ponga la tapa en la única posición posible, el dedo envía la corriente al cable del primer cilindro. Luego se hace el ajuste exacto de la manera explicada.

Puede presentarse el caso de que, sin necesitarse hacer una puesta a punto del encendido, haya que colocar de nuevo cada cable unido a la bujía correspondiente; por ejemplo, en el caso de que se hubieran soltado para cambiar o limpiar las bujías. En este caso es más sencillo, y se opera de siguiente modo:

1° Se averigua el orden de explosiones.

2° Se determina el sentido de giro del distribuidor.

3° Se coloca el primer cilindro en explosión. No es precisa la exactitud de antes; basta observar el momento de cierre de la válvula de admisión y girar un cuarto de vuelta más, aproximadamente, el cigüeñal.

4° Se ve a qué cable envía corriente el dedo del distribuidor. El que sea se une a la bujía del primer cilindro. Siguiendo el giro del dedo y el orden del encendido, se unen los sucesivos cables a las bujías correspondientes, como se dijo para la puesta a punto.

Más práctico resulta efectuar el cambio de bujías una a una.

Otro procedimiento para la puesta a punto del encendido es mediante el empleo de la lámpara estroboscópica[1], más fiable que el antes expuesto. La operación se realiza teniendo el motor funcionando en ralentí, a la temperatura de funcionamiento; si las señales antes citadas sobre la polea o sobre el volante y situadas frente a un índice fijo son iluminadas por una lámpara estroboscópica, sincronizada con el motor, nos parecerán también fijos. Si la sincronización de la iluminación se obtiene por medio del encendido del motor, toda variación en el calado del encendido se traducirá en un desplazamiento de la visión del trazo en el mismo sentido en que se verifica la corrección; es decir el avance o retraso aparecerá inmediatamente, pudiéndose valorar ya sea en grados o en milímetros sobre la periferia de la polea o volante. El procedimiento es ideal para comprobar instantáneamente la puesta a punto del encendido y el funcionamiento del avance automático.

La manera de operar es dirigir los destellos hacia el índice fijo, observándose si la señal móvil, que aparecerá como fija, coincide con aquél; si no coincide se avanza o se retrasa ligeramente el encendido hasta hacerlos coincidir, girando hacia la izquierda o la derecha el distribuidor.

4.2. Encendido sin distribuidor

Se emplea en los motores de dos a tres cilindros. En un *bicilíndrico de dos tiempos* con cilindros paralelos, como el DKW, las explosiones ocurren a cada media vuelta del cigüeñal; se emplea la disposición 1 (Fig.13.35) con un juego de bobina B, un ruptor R y condensador C para cada cilindro 1 y 2, colocados en paralelo. La única leva L deberá girar a la velocidad del cigüeñal, por lo que suele ir montada en el extremo de éste. La puesta a punto se hace sobre cada ruptor con relación al PMS de su respectivo cilindro.

Si el motor es de *dos cilindros a cuatro tiempos*, sean paralelos u horizontales opuestos, han de pasar ambos pistones a la vez por sus respectivos PMS para poder espaciar igualmente las explosiones, a una por vuelta del cigüeñal. La solución alemana (BMW, Glas-Isar, NSU-Prinz) emplea dos bobinas en serie (dibujo 2), una para cada bujía, con un solo ruptor que gira con el cigüeñal. Así se obtienen dos chispas simultáneas por cada vuelta, pero una se deja perder sin causar perjuicio, ya que salta al final del escape del cilindro donde no hace falta. Las bobinas son de seis voltios para una instalación de doce. La puesta apunto es fácil porque sólo hay un ruptor.

La solución francesa (Citroën 2 C.V. y Ami-6) se ve en el dibujo 3: emplea una bobina con dos salidas de secundario, una a cada bujía, y ruptor único. La leva L gira con el cigüeñal, por lo que también hay una chispa perdida.

En el motor DKW de *tres cilindros a dos tiempos* (dibujo 4) se necesitan tres chispas por vuelta, espaciadas a 120 grados. Se emplean tres bobinas en paralelo con tres ruptores, girando la leva a la velocidad del cigüeñal. La puesta a punto exige el reglaje de cada ruptor respecto a su correspondiente cilindro.

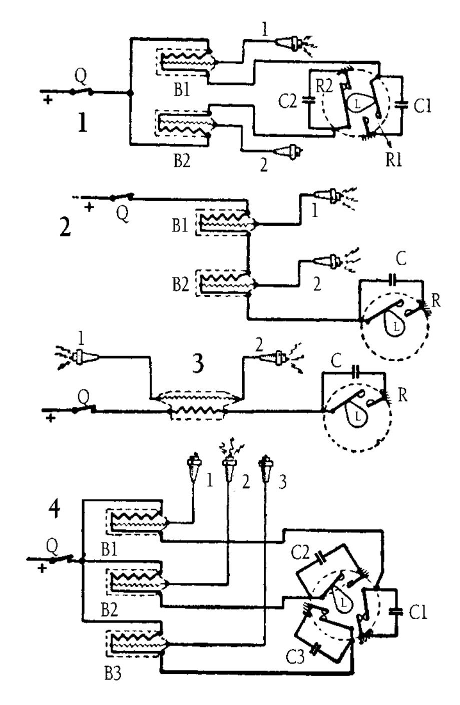


Figura 13.35.

4.3. Encendido por bobina transistorizado. Encendido electrónico

El punto débil del encendido tradicional explicado es el ruptor, como se sugiere al exponer el sistema de ruptor doble, bien independiente para apertura y cierre del primario (Ford y Chrysler, Fig.13.25), bien para repartirse los cortes de corriente (Fig.13.54). En ella se muestra la necesidad de que la corriente primaria se establezca rápidamente porque con las velocidades de régimen cada vez mayores, resulta muy escaso el tiempo para que, al cortarla haya llegado ya a su máximo. Se ha comparado los efectos de una bobina en un circuito eléctrico, a los producidos por la introducción de un sifón en una conducción de agua. Se podría haber añadido que el aumento del número de espiras equivale a un aumento de la altura del sifón. Igual que uno de estos últimos impide que la tubería suministre una gota de agua, mientras esta última no ha alcanzado su "cresta" , permitiendo luego dicho suministro repentinamente, las espiras de la bobina impiden también que la corriente se establezca de inmediato y el retardo aumenta con el número de espiras.

A su vez, y por razones mecánicas, el ruptor no puede hacer más de 400 cortes por minuto, lo que representan 6.000 rpm en un motor de ocho cilindros, velocidad de giro a la que se van aproximando los motores usuales, pero que ya es sobrepasada en los deportivos.

El aumento de compresión implica un esfuerzo más que vencer para saltar la chispa en las bujías, y para darle fuerza no había otro medio práctico que aumentar la intensidad de

la corriente primaria, que llega a ser de hasta cuatro amperios (4A). Pero el consiguiente calentamiento de los contactos produce una fina película de óxido metálico azulado, sobre los mismos, que actúa a modo de aislante. La superficie se deteriora, surgen salientes y huecos; al cabo de algún tiempo se producen pequeñas chispas que prolongan el corte de la corriente, con descenso del voltaje por autoinducción (el que hacía levantar el secundario hasta los 20.000 voltios) y baja el rendimiento.

Ciertamente que con 10.000 voltios funcionan las bujías, pero la reserva de ignición que daba el disponer de 20.000 voltios en ralentí va reduciéndose a medida que aumentan la compresión y las rpm, y a poco desreglados que estén el ruptor o las bujías se producirían fallos a alta velocidad, con pérdida de potencia y aumento del consumo.

4.3.1. Encendido transistorizado con ruptor

Para remediar los inconvenientes señalados se aplican los transistores al encendido. Si se repasa la explicación de su funcionamiento (Fig.11.23) se deducirá enseguida el modo de aprovecharlo: en el dibujo C se vió cómo el paso de una pequeña corriente de emisor a base hacía circular otra mucho mayor en el emisor-colector.

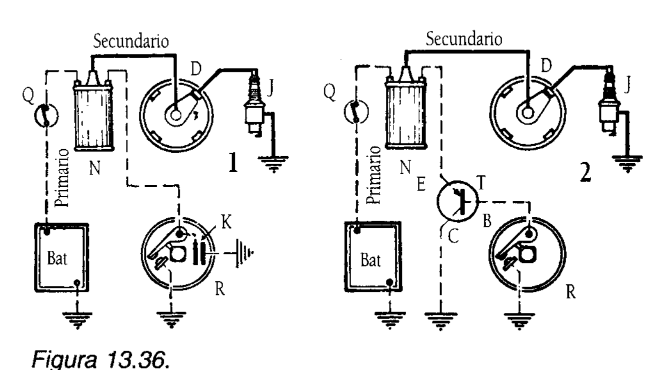


Figura 13.36.

En la figura 13.36 se comparan los esquemas del encendido normal (1) y el transistorizado (2). En el primero, R corta toda la corriente del circuito primario (de trazos: batería- llave Q- bobina N- ruptor R y por masa a batería).

En 2 la corriente, entre la bobina N y el ruptor R, pasa de emisor a base en el transistor T: los cortes que el ruptor hace en esta reducida corriente son los que produce los de la grande entre emisor E y colector C. Además, aquí el ruptor no corta el voltaje aumentado por la autoinducción (hasta 200 voltios y más), los contactos del ruptor trabajan doblemente desahogados y pueden durar de 50.000 a 100.000 kilómetros; el condensador K resulta innecesario.

Como ahora ya puede ser mayor la corriente primaria, suele hacerse valer entre 7 y 12 amperios, quedando la del ruptor, en todos los casos, inferior a uno (generalmente del orden de medio amperio). Para conseguirlo se insertan resistencias entre base y ruptor, o en paralelo entre emisor y base.

En el momento del corte de corriente ya se dijo que se produce un aumento de voltaje por autoinducción del primario. Para disminuirlo (porque el transistor es muy sensible a los aumentos de tensión, y no soporta 200 voltios), el arrollamiento en el primario tiene menos espiras y en el secundario más, en la relación de 200 a 400 veces más, según la marca. La bobina es, pues, análoga en su constitución a la del encendido corriente; pero distinta en sus características eléctricas, por lo que no son intercambiables más que para un caso de emergencia. En la práctica suele colocarse un diodo Zener calibrado (Fig 13.37) en derivación sobre el transistor para protegerlo de una sobretensión; si pasase de 80 vol-

tios la aumentada en el primario de la bobina, "saltaría" el Zener descargándola a masa sin daño para el transistor. De esta forma, la tensión realmente cortada es inferior a 80 voltios y en el secundario pueden llegarse a los 30.000 (80 x 400). Lo mejor de este sistema transistorizado es que, en vez de caer el voltaje desde los 20.000 voltios a 1.000 rpm a casi la mitad cuando el giro aumenta a 5.000 rpm (sistema normal), con el transistor la tensión del secundario para la chispa se conserva casi constante y sólo disminuye un poco a partir de las 4.500 rpm, siendo superior a 20.000 voltios aun después de alcanzarse las 7.000 rpm.

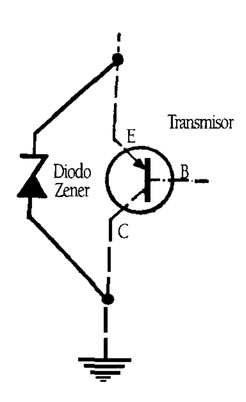


Figura 13.37.

En las bujías, el efecto es favorable por que las chispas son mejores y más potentes; los electrodos pueden separarse hasta 1 ó 1,2 milímetros (doce décimas), con lo que la inflamación de gases se facilita y la formación de depósitos es más difícil. Como la chispa es más repentina y con más del doble de voltaje, "rompe el gas" mejor que irse por derivaciones a masa sin saltar; por otra parte, los electrodos se corroen mucho menos. La consecuencia es que las bujías duran de 50.000 a 100.000 kilómetros sin ajuste ni apenas desgaste.

Los transistores son de germanio (tipo PNP) para las instalaciones con el negativo de la batería a masa; y de silicio (tipo NPN) cuando es el positivo el polo a masa. No son intercambiables, y un error en la polaridad de la batería o de la clase adecuada de transistor estropea éste sin remedio.

Los dos sistemas de avance del encendido, centrífugo y por vacío, siguen usándose de la misma forma.

A esta aplicación limitada de los transistores se la llama **encendido transistorizado,** que es aplicable a los equipos existentes con solo cambiar la bobina y pocos retoques en la instalación. Hasta ahora es el que parece de más fácil aplicación, sobre todo para convertir en electrónicos los equipos "convencionales", porque con sencillez y pocos cambios se consiguen mejoras importantes de apreciado valor para el automovilista, pues como consecuencia del mejor encendido se obtiene una economía en el consumo del 5 al 10 por 100, sobre todo a velocidades lentas y medias del motor. A plenos gases y alto régimen de giro la potencia es algo mayor, pero el consumo apenas mejora. Al disminuir el número de espiras de la bobina, se consigue que, una vez cerrado el circuito primario, después de la ruptura, la corriente se establezca mucho más rápidamente. Por otra parte, dicho cierre se debe al "desbloqueo" del transistor y éste se consigue que se realice, mucho antes de que los contactos del ruptor se junten de nuevo, por medio de condensadores y artificios puramente eléctricos. La utilización de mayores intensidades primarias consiguen chispas mucho más "calientes" en las bujías, más capacidad de inflamar. La mayor brusquedad del corte, y, por lo tanto de la chispa impide el engrase de las bujías. La menor intensidad de la corriente que atraviesa el ruptor mecánico no daña sus contactos.

A pesar de sus innumerables ventajas, subsisten todavía, algunos inconvenientes: este sistema no impide el desgaste ni la deformación de las levas de ruptura (eje del Delco), ni de las contralevas o pitones de fibra de los ruptores. No impide tampoco los efectos de la inercia de los resortes que aprietan unos contra otros, ni, por lo tanto, los rebotes del "martillo".

Equipos de esta clase los fabrican Auto-Lite, Ford, AEC, Lucas, Bosch y otros. En la figura 13.38, detalle 1, se puede ver un esquema bastante representativo de este sistema, en el que la resistencia R es similar a las de las bobinas de encendido tradicional, conocidas como

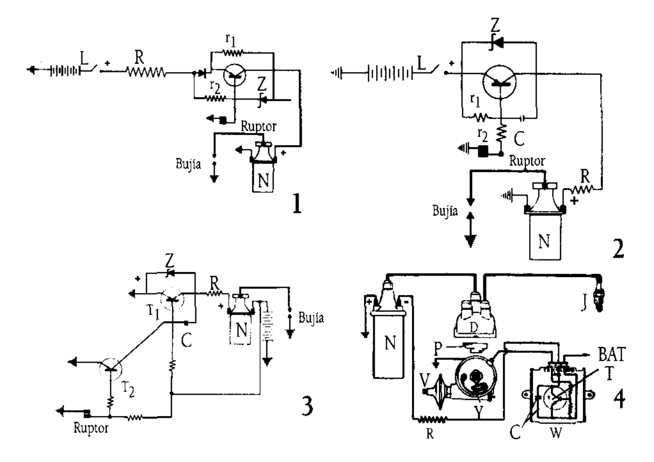


Figura 13.38.

"ballast". El diodo Zener Z protege al transistor contra las sobretensiones, dejando pasar la corriente por "r2". D y "r1" constituyen el artificio para conseguir un "bloqueo" o corte brusco, ruptura, del transistor.

Los diodos, cuando dejan pasar la corriente en su sentido normal o "directo" tienen una notable propiedad: su resistencia es muy grande cuando las corrientes que los atraviesan son pequeñas y muy pequeña cuando estas últimas son grandes.

Si "r1" es el valor adecuado, grande, al empezar a cortar la corriente el transistor, una cantidad muy pequeña de ésta, atravesará "r1" y D, oponiendo éste último gran resistencia, por lo que la corriente se verá obligada a dirigirse, por "r2" hacia la base del transistor, bloqueándolo definitivamente. Todo esto ocurre en tiempos del orden de la millonésima parte de un segundo. Por "r2" y Z se descargan las sobretensiones, quedando protegido el transistor.

En el detalle 2 puede verse otro sistema, en el que el condensador C y la resistencia "r1" facilitan, al cargarse el primero con la sobretensión de ruptura, el "bloqueo" (ruptura), y al estar cargado, el "desbloqueo" (cierre del circuito y paso de la corriente), para cargarse en sentido contrario. El diodo Zener tiene aquí la misión descrita en la figura 13.37 de proteger al transistor de sobretensiones peligrosas. R es el "ballast" o resistencia de bobina.

Si se hubiese querido utilizar el sistema descrito, en cualquiera de las dos modalidades anteriores, con una instalación de positivo a masa, no habríamos podido hacerlo con un solo transistor PNP, porque el yunque del ruptor pondría a la base del transistor en comunicación con masa (que en este caso es positiva) y el transistor estaría permanentemente bloqueado. Se podrían utilizar dos transistores, como en el sistema del detalle 3 de la figura 13.38, en el que al abrirse el ruptor conduce al transistor T2, cortocircuita la base de T1 produciendo la ruptura del primario.

El inconveniente de tener que utilizar dos transistores, en las instalaciones con positivo a masa, puede evitarse con el empleo de uno sólo de tipo NPN, resultando así el conjunto más barato, pase al mayor coste de los transistores de silicio.

La figura 13.38-4 representa, como ejemplo, el esquema del TAC de la casa inglesa Lucas, con el polo positivo a masa: la corriente viene de la batería por masa al primario de la bobina N con resistor R y entra en el envase metálico W (suelen ser de aluminio con aletas de refrigeración para evitar que se caliente el transistor) donde está el equipo electrónico, compuesto en este caso por el transistor T, condensador C y las resistencias de base citadas más atrás. Obsérvese que el transistor tiene la flecha saliendo de la base: es del tipo NPN, de silicio, por que la batería tiene el polo positivo a masa. El borne de la bobina está unido al colector de T; el emisor, flecha, al de la batería y la base al ruptor Y de la cabeza delco cuya pipa P es cubierta con la tapa D. En V se ve el mando del avance por vacío. C

tiene un montaje parecido a los condensadores de los equipos clásicos, rebajando las sobretensiones de ruptura con lo que, a la vez que protege al transistor, coopera a su buen funcionamiento en uno y otro sentido, bloqueo y desbloqueo. Tal como lo hacía el del montaje 3.

En los detalles 1, 2 y 3 se ha omitido el distribuidor, para mayor sencillez, representando una sola bujía. No hay ningún inconveniente para intercalar éste como se hace en el detalle 4.

El equipo *Bosch transistorizado* (Fig.13.39, con negativo a masa) responde al esquema y funcionamiento explicados. La caja refrigerante W para el transistor de germanio está sobre la bobina N cuyo resistor es R en caja separada; en Y se ve el ruptor, debajo del que se hayan los mandos del avance centrífugo y por vacío, y encima el distribuidor D. No hay condensador.

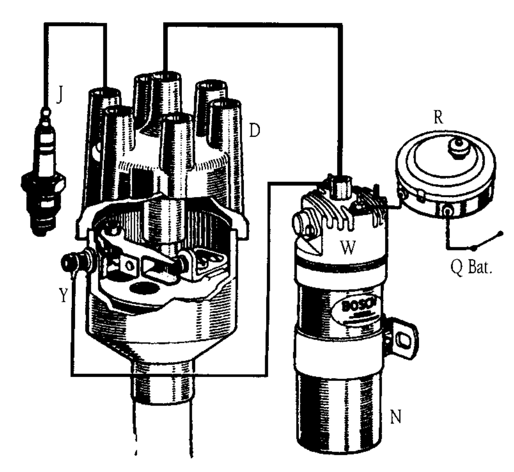


Figura 13.39.

4.3.2. Encendido transistorizado sin ruptor

En la figura 13.36-2 se puede observar que el papel del ruptor es enviar impulsos de corriente a la base del transistor T, o sea, en el circuito emisor-base E-B que comprende bobina y batería. Pero esto puede obtenerse también mediante una corriente pulsatoria, entrecortada, que se produzca en un pequeño generador especial sincronizado con el motor, como se indica en la figura 13.40 (compárese con la 13.36-2). En lugar del ruptor se pone el *generador de impulsos* G, en el que la leva se sustituye por un aspa o veleta de hierro con los salientes afilados; cada vez que pasa un diente frente al núcleo del electroimán H se cierra el circuito magnético e inmediatamente desaparece, con lo que se induce una corriente instantánea en el arrollamiento de H y, por tanto, esa corriente entrecortada (impulsos sincronizados con el motor) que en la base B del transistor manda la corriente principal E-C primaria del encendido. Hay varias realizaciones prácticas de este sistema, entre ellas las de Delco-Remy y Bosch.

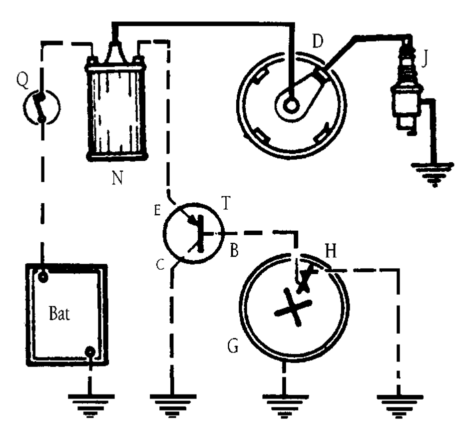


Figura 13.40.

La instalación Delco-Remy (Fig.13.41) intercala entre la batería y la bobina N, con su resistor R, por un lado, y la cabeza delco Z-P por el otro, la caja electrónica W, de aluminio con aletas de enfriamiento, que contiene el transistor. El árbol vertical de la cabeza recibe movimiento, como siempre, del engranaje Z con el árbol de levas. En vez de ruptor va

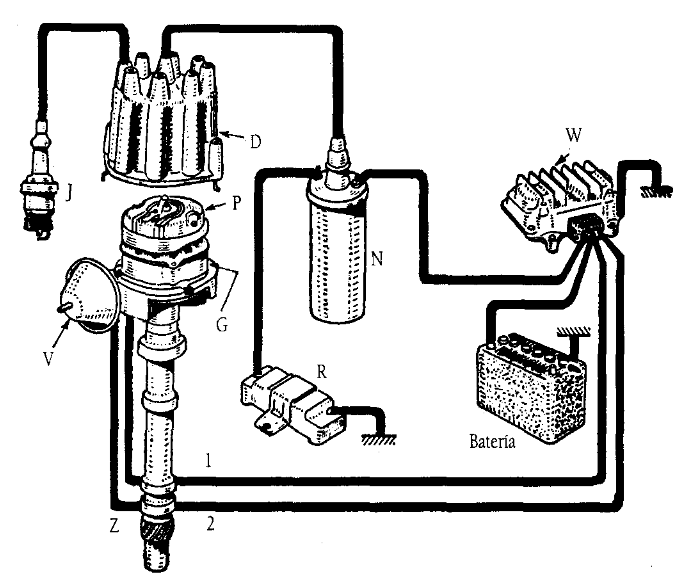


Figura 13.41.

en G su equivalente el generador magnético de impulsos; el distribuidor es P, y de la tapa D salen los cables a las bujías J.

Este mecanismo, desde Z a P, se muestra despiezado en la figura 13.42: V es el mando del avance por vacío y M son los contrapesos del centrífugo, iguales a los corrientes, así como el distribuidor D con su pipa giratoria P. Sobre el plato del ruptor se coloca el generador de impulsos G, dentro del cual gira a modo de leva, la estrella, veleta o aspa X, de hierro, con tantos salientes como mitad de cilindros. La figura es para un motor de ocho cilindros. En cambio G tiene en su hueco interior tantos salientes como cilindros.

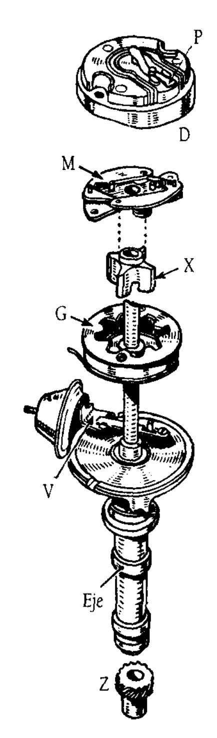


Figura 13.42.

El generador G está formado (Fig.13.43) por un imán de cerámica K en forma de aro cuya cara superior es el polo N y el inferior el S, y contra ellas se aplican las piezas polares C; son dos de chapa de acero, marcadas con las letras N y S porque son los verdaderos polos del imán, con dientes que sobresalen un poco hacia dentro de modo que en el hueco se aloje la bobina H, también anular. Las placas polares C comprenden entre sí, a modo de emparedado, a la bobina H y al imán K, que son un aro encajado dentro del otro. Los extremos del arrollamiento H salen al exterior por los cables 1 y 2 que van a parar (Fig.13.41) a la caja W llevando los impulsos de corriente al transistor.

Estos impulsos se generan al girar el aspa X. Cada vez que un saliente pasa casi rozando una pareja de dientes, de arriba y abajo, se cierra el circuito magnético del imán, pero vuelve a desaparecer en cuanto ha pasado el saliente. Estos "destellos" magnéticos rodean a la bobina y nace en ésta cada vez una corriente eléctrica también instantánea. En realidad las cuatro aspas dan cuatro destellos a la vez y las cuatro corrientes instantáneas y simultáneas se suman. En una vuelta del aspa X, equivalente a dos del cigüeñal, se producen tantos impulsos eléctricos como dientes internos tiene C, o sea, cilindros el motor; en este caso, ocho, para sus ocho explosiones.

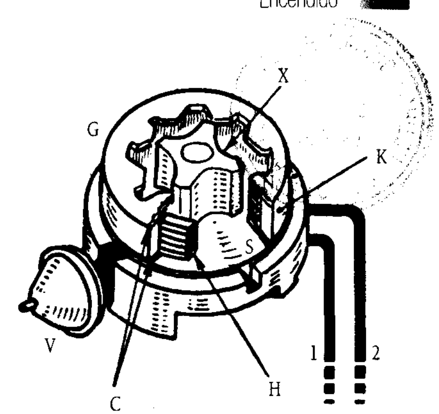


Figura 13.43.

El equipo *Bosch electrónico* (Fig.13.44) es análogo: en el sitio del ruptor lleva el generador magnético de impulsos G, con su imán K y bobina H anulares, fijos a la caja de la cabeza, y la veleta giratoria X montada en lugar de la leva. Debajo se ve el mecanismo de avance centrífugo y el engrasador para el eje que viene desde el árbol de levas. Encima está el distribuidor D cuyo dedo se ve apuntando a la izquierda. En W está la caja electrónica con el transistor.

Lo que hay dentro de la caja electrónica W (Figs.13.41 y 13.44) no es sólo el transistor que, con un diodo o un condensador de protección bastaban para el encendido transistorizado con ruptor. Aquí los impulsos de corriente provenientes del generador magnético conviene ampliarlos, y por ello se usan dos o tres transistores, según las marcas. El esquema corresponde, en general, precisamente al del regulador electrónico de voltaje (Fig.11.39): desde el generador magnético, síganse a la vez las figuras 11.39, 13.41 y 13.44, llegan los impulsos de corriente al borne B de la caja electrónica, y saldrán por el F hacia el primario de la bobina, que está sometido a la tensión de la batería; o sea, que la corriente circula de B a F por E1-C1. Cuando llega el impulso eléctrico se añade su tensión y por A-E2-B2 salta el Zener Z y sigue a masa M2, con lo que la corriente principal va por E2-C2 a M1 dejando en cortocircuito a B1, y se corta la corriente de la batería a la bobina. En esencia, los impulsos eléctricos hacen que el transistor T2, de "disparo", haga funcionar el T1, "conmutador", que es el que entrecorta la corriente primaria a modo de ruptor.

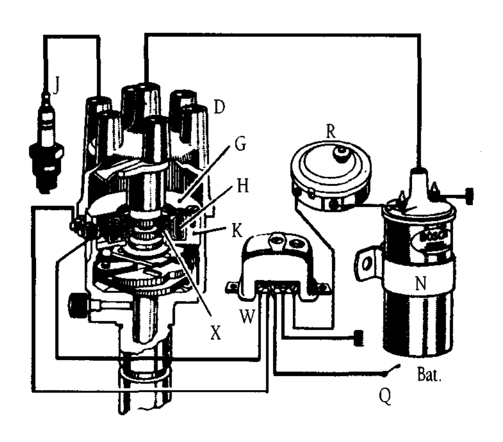


Figura 13.44.

Las disposiciones son variadas: en W puede haber hasta tres transistores, un diodo, un Zener y varias resistencias para equilibrar los circuitos. No hay desgaste alguno y las averías son improbables: los equipos deben durar sin contratiempos toda la vida del vehículo.

Hay otros sistemas electrónicos para conseguir la interrupción de la corriente primaria, como el "encendido por condensador de alta tensión", también denominado "encendido por tiristores", que funciona de acuerdo con un principio distinto al de los sistemas descritos hasta ahora y que fue ideado por Bosch para los motores alternativos multicilíndricos de alta velocidad y gran rendimiento, para vehículos deportivos y de carreras. La característica principal es que la energía de encendido es acumulada en el campo eléctrico de un condensador, modificando el transformador de encendido la tensión primaria generada por la descarga del condensador, hasta obtener la alta tensión necesaria. El encendido por condensador puede serlo con ruptor y sin él.

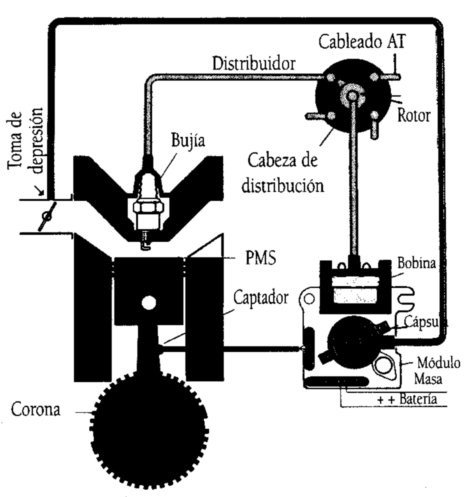


Figura 13.45.

4.4. Encendido electrónico integral

Se denomina encendido electrónico integral a un equipo "estático" capaz de producir la chispa en la bujía en el momento oportuno (Fig.13.45).

Todo sistema de encendido necesita la referencia de la posición angular del cigüeñal para poner en servicio el circuito primario de la bobina e interrumpir bruscamente la corriente, para generar la chispa en el momento adecuado del ciclo. En este sistema se dispone una corona dentada, montada en el volante del motor, y fijo sobre el cárter del embrague un captador de posición, constituido por un imán permanente y alrededor del cual se dispone una bobina, que recoge las tensiones inducidas a cada variación que producen los dientes de la corona al enfrentársele; estas señales, de las tensiones inducidas, son enviadas a un módulo electrónico e indican la velocidad de giro del cigüeñal y su posición.

Un captador de depresión, compuesto por una cápsula manométrica y unido por un tubo al circuito de admisión, envía al módulo el valor de la depresión, avance por vacío.

El módulo electrónico transforma las señales de los captadores, las analiza e interpreta y, estando programado de acuerdo a las características del motor del vehículo, las traduce en función de lo que tiene en memoria, determinando la apertura y cierre del circuito primario, tras ser amplificadas.

El sistema puede incorporar otros captadores. La bobina, distribuidor, cableados y bujías, son convencionales.

El encendido electrónico integral proporciona una chispa de calidad similar al del transistorizado, carece de elementos sometidos a desgastes, sin contactos ni rozamientos, suprime los contrapesos y no se desajusta.

El inconveniente de los sistemas electrónicos es el mayor consumo de corriente, no por exigencia del sistema, sino para mejorar el encendido; el uso de alternadores en vez de dinamos ha remediado este problema en su conjunto. En cuanto al mayor coste, cada vez será menor por el aumento de la fabricación en serie y, en todo caso, queda más que compensado con la disminución de las causas de avería, mayor rendimiento con menor consumo de gasolina y más duración de los componentes, incluidas las bujías.

En los primeros tiempos del automóvil se utilizó el encendido por magneto. Más tarde se desarrolló el encendido por batería al ser necesaria ésta para otros servicios y con la intención de facilitar el arranque de los motores. La magneto da sus mejores prestaciones con las altas velocidades, pero puede plantear problemas al arrancar. La razón estriba en que ella misma se genera, como un pequeño alternador, la propia corriente del circuito primario y si ésta es insuficiente la chispa será también muy pobre. El encendido por batería y Delco, al tener una corriente primaria notable a bajas velocidades, solucionó el problema y tuvo difusión total hasta nuestros días, pero hoy también se ve amenazado por los elevados regímenes de marcha, donde la magneto respondería mejor, viendo su campo invadido por la electrónica.

El generador de impulsos actúa de una forma enteramente similar, para generarlos, a la de un pequeño alternador de imán permanente, como también lo hace la magneto para generar la corriente primaria. El valor de dichos impulsos dependerá, por ello, de la velocidad de giro, y nuevamente surgirán las dificultades en el arranque.

Por otra parte si se quiere aumentar aún más la velocidad de los motores, o el número de cilindros, sólo queda una posibilidad: actuar sobre el tiempo que la corriente primaria tarda en alcanzar su máximo, en vencer el "sifón" que suponen las espiras del devanado.

A solucionar ambos inconvenientes, se orientan los nuevos sistemas y el perfeccionamiento de los existentes.

5. AVERÍAS DEL ENCENDIDO POR BATERÍA

Los contratiempos provenientes de defectos en el sistema de encendido se traducen en fallos o parada del motor. Si son fallos rítmicos, lo probable es que la causa radique en las bujías; si la parada es total o los fallos son frecuentes e irregulares, conviene desembornar el cable S (Fig.13.46) que trae la corriente de alta a la tapa del delco, se acerca a un centímetro de la masa del motor (nunca hacer saltar la chispa sobre el módulo electrónico) y se hace girar éste con el arranque y el encendido conectado: si salta chispa, la avería no es de la instalación (causa 7) ni del ruptor, resistencia o bobina (causas 4, 5, 6 y 8), y habrá de atribuirse a las bujías, cables y distribuidor (causas 1, 2 y 4). Si no salta chispa hay que repasar ordenadamente las causas primeramente citadas (4, 5, 6, 7 y 8). La causa 9 de avería, en el avance, se nota en que el motor está "blando", no tiene nervio en las aceleraciones y, a gran velocidad, da poca potencia y tiende a calentarse, sin picar nunca.

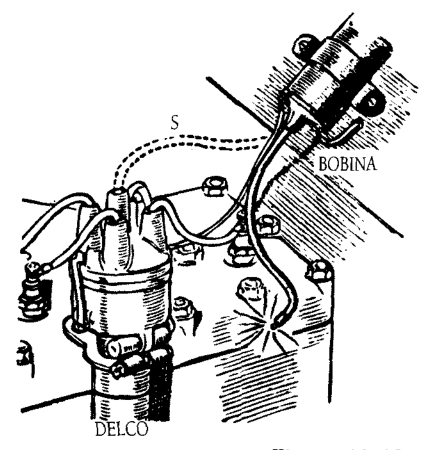


Figura 13.46.

Como indicación general debe tenerse presente que la marcha a gran velocidad, motor muy revolucionado, impone el mayor esfuerzo a la bobina y al ruptor, mientras que los plenos gases a velocidades medias o lentas fatigan especialmente las bujías y el distribuidor.

5.1. Las averías del sistema de encendido pueden ser las siguientes:

1. **Bujías en mal estado.** Generalmente esta avería no impedirá el funcionamiento del motor, sino que éste "galopará" desequilibrado, notándose un fallo rítmico de algún cilindro, sobre todo en la salida del escape, y sensible pérdida de potencia. Para saber en cual de las bujías deja de saltar la chispa se usa la "prueba del destornillador" (Fig.13.47). Una por una se van probando todas, primero colocándolo como en A, para cortocircuitar la bujía, es decir para que la corriente que llega pase directamente a la masa por el destornillador en vez de saltar entre las puntas: si la bujía funciona bien se notará un cambio de ritmo en la marcha del motor; pero si éste se muestra insensible a la prueba, quiere decirse que esa bujía es la que ha dejado de funcionar.

En este caso se desemborna el cable de llegada de corriente y se acerca su terminal a masa: si no salta chispa es que por el cable no llega corriente, y la avería estará en el mismo

cable, en el distribuidor, etc.; pero si salta la chispa, la culpa del mal funcionamiento radica en la bujía, a la que de nuevo se emborna el cable antes citado para continuar las pruebas.

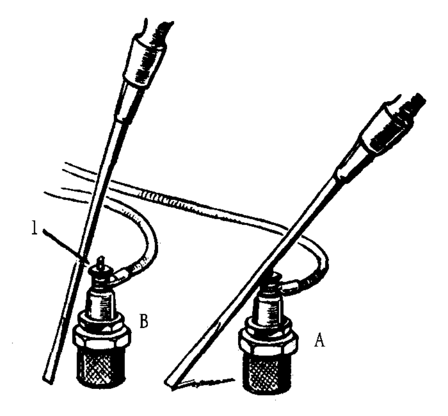


Figura 13.47.

Las averías en las bujías pueden ser:

a) Bujía mojada o sucia por el exterior, con lo que la corriente pasa directamente a masa por fuera. Ésta se aprecia a simple vista y puede evitarse manteniendo las bujías limpias y secas.

b) Bujía engrasada (Fig.13.13) o con carbonilla en sus puntas (Fig.13.14).

c) Electrodos demasiado separados o quemados, o rotura del electrodo central (compruébese que éste no se mueve).

d) Aislador roto (Fig.13.12).

Para diferenciar estas averías se emplea de nuevo el destornillador (Fig. 13.47-B), apoyándolo en masa y dejando en 1 un pequeño espacio, como medio milímetro o menos, para que la corriente que llega prefiera saltar en forma de chispa por aquí a la presión atmosférica, que en los gases comprimidos de la cámara de explosión. Si no salta la chispa en 1 es que hay cortocircuito entre las juntas de B (avería "b"), y hay que limpiar la bujía.

Si la chispa salta con esa pequeña holgura, váyase separando el destornillador hasta ver si sigue saltando con un espacio mayor, por ejemplo de 5 a 6 milímetros. Si la chispa sigue saltando, la causa de la avería es la "c", y hay que ajustar la separación de electrodos.

Cuando en esta última prueba la chispa no salta, debe sospecharse de la causa "d"; en todo caso si no se encuentra la falta en la "a", "b" o "c", debe cambiarse la bujía por otra nueva.

Una bujía "engrasada" por hollín aceitoso se lava con gasolina y un cepillo fuerte, y si aquél está duro, se rascará. Mejor es limpiarla en máquina a propósito, en talleres. Es mala costumbre quemar las puntas con llama de gasolina, pues puede rajarse la porcelana.

Antes de corregir el huelgo entre las puntas ya limpias, conviene limar los salientes, huecos o desigualdades superficiales de los electrodos, especialmente el o los de masa, dejando además las superficies planas de origen, lo más lisas otra vez y no redondeadas. La holgura entre las puntas se corrige con unos alicates (Fig.13.48), acercando el o los electrodos laterales al del centro, y no al revés, hasta dejar el espacio ya indicado al hablar de las bujías medido con un calibre, que conviene sea redondo, como un alambre, para tener en cuenta los huecos profundos que no hayan podido quitarse con la lima, pues un calibre plano daría una medida falsa.

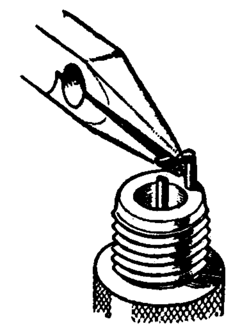


Figura 13.48.

Deben emplearse las bujías apropiadas al motor del vehículo, según se ha dicho. Una bujía con electrodos finos o aislador largo, caliente, puede provocar en ciertos motores la explosión a destiempo por no ponerse incandescentes las puntas. El encendido prematuro, o autoencendido (Fig.13.49), puede producirse, además, por ponerse al rojo algún trozo de carbonilla C o punta metálica, de las asperezas que pueden quedar al fundir la culata, en la cámara de compresión o fondo del émbolo (detalle 1), o una rebaba de cobre de la junta de culata. Se inicia ahí la infla-

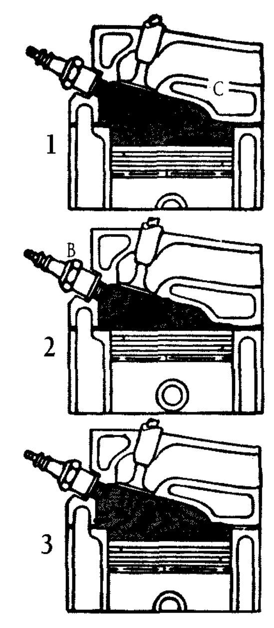


Figura 13.49.

mación de la mezcla, 2, produciéndose un choque de explosiones, 3, al saltar la chispa en la bujía: el efecto es análogo al de la detonación, con ruido de golpeteo en el motor y muchas veces explosiones al carburador, especialmente cuando el motor está muy caliente. Si cambiadas las bujías, poniendo otras apropiadas al motor, sigue presentándose el autoencendido, debe examinarse la cámara de compresión, pues habrá exceso de carbonilla o, si no, se encontrará la punta caliente que causó la perturbación.

Al bajar pendientes no debe cortarse el encendido, por que mientras gira el motor el aceite lubrica los cilindros (sobre todo, con la mariposa de gases cerrada la succión es muy fuerte y sube más aceite a la cámara de compresión por entre los segmentos), y si en la bujía no salta la chispa que la mantiene caliente y quema el aceite que pueda salpicar sus puntas y aislador, es muy probable que se "engrase", provocando el contratiempo citado. Por otra parte, con la mariposa cerrada fluye mezcla excesivamente rica por la alimentación del ralentí, a causa de la viva succión de los pistones moviéndose mas deprisa que en ralentí; si esa gasolina no se quemara pasaría a diluir el aceite. Finalmente, al conectar de nuevo el encendido, la mezcla rica no quemada que ocupara el colector de escape y el silenciador, al recibir los primeros gases encendidos del motor podría explotar peligrosamente con rotura del silencioso.

A veces, un ralentí irregular o la súbita parada del motor al soltarse el acelerador pueden remediarse si la culpa no es de un mal reglaje en el carburador, aumentando en una décima la holgura entre las puntas de las bujías.

Una bujía que falle puede producir petardeo, pues la mezcla que entra en ese cilindro saldrá sin quemarse al colector de escape y, bien por una entrada indebida de aire en él o en el silenciador o porque llegue hasta el aire libre, explotará en el exterior.

El análisis de las bujías proporciona una amplia información al conductor del vehículo, por lo que se expone a continuación aspecto o estado que presentan, motivo del mismo y actuación a realizar:

- Bujía normal. Pie del aislador de color blanco grisáceo o gris amarillo, hasta pardo corzo. El motor está en orden y el grado térmico correctamente escogido.
- Bujía cubierta de hollín. Carburador mal ajustado, filtro de aire muy sucio, mal empleo del mando que cierra el aire, conducción a bajo número de revoluciones y grado térmico de la bujía demasiado alto. Ajustar el carburador, sustituir o limpiar el filtro de aire, limpiar las bujías y acelerar hasta alcanzar plena carga. Si el defecto persiste, utilizar bujías de grado térmico inferior.
- Bujía cubierta de aceite. Demasiado aceite en la cámara de combustión; segmentos, cilindros y guías de válvulas muy desgastadas. En motores de dos tiempos, demasiado aceite en la mezcla. Repasar el motor, utilizar mezcla correcta, montar bujías nuevas.
- Bujía con ligero depósito de plomo. Uso de aditivos en el combustible para poder aumentar el poder antidetonante. Montar bujías nuevas, es inútil limpiar con "chorro de arena" o similar.
- Bujía con considerable depósito de plomo, gruesa capa de amarillo. Idem anterior.

- Bujía con considerable depósito de plomo, capa vitrificada (la vitrificación se forma al ser sometido el motor a una alta carga, después de un largo tiempo de funcionamiento a carga normal). Idem anterior.
- Bujía con considerable desgaste de los electrodos. Corrosión interna debida a uso de aditivos agresivos en el combustible y en el aceite. Montar bujías nuevas. (Fig.13.50).

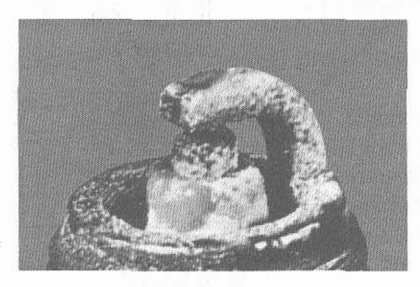


Figura 13.50.

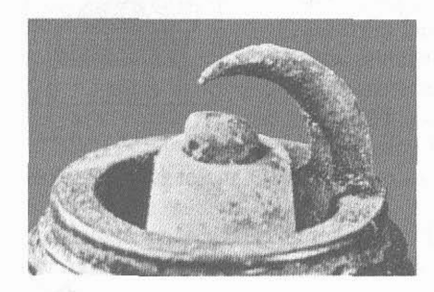


Figura 13.51.

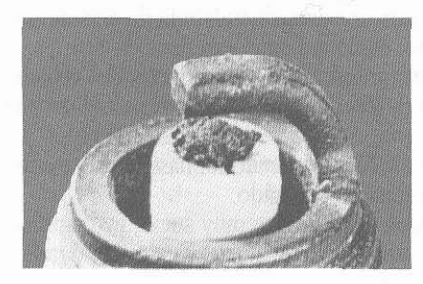


Figura 13.52.

- Bujía con considerable desgaste de los electrodos, por quemadura. Desgaste natural; las bujías no se han cambiado después del kilometraje previsto. *Fallos del encendido, debido a la gran separación entre electrodos.* Montar bujías nuevas.
- Bujía con el electrodo central fundido. Sometida a excesivas cargas térmicas, preencendidos, puede ser bujía de grado térmico demasiado bajo. Montar bujías nuevas del grado térmico adecuado.
- Bujía con el electrodo fundido y pie del aislador agrietado. Carga térmica excesiva por preencendidos, debidos a ajuste de encendido demasiado avanzado, residuos de combustión en la cámara, combustible de calidad insuficiente, válvulas defectuosas. Revisar el motor, el encendido y la mezcla. Montar bujías nuevas. (Fig.13.51).
- Bujía con los electrodos soldados por fusión. Idem anterior.
- Bujía con ceniza. Gruesa capa de ceniza sobre el pie del aislador, espacio de respiración y electrodo de masa, de estructura incoherente semejante a escoria. Procedente de aditivos en el aceite del motor. Revisar el motor, montar bujías nuevas. (Fig.13.52).
- Bujía con rotura del pie del aislador. Manipulación inadecuada, corrosión por aditivos agresivos en la gasolina o servicio excesivamente continuado. Revisar motor. Montar bujías nuevas.

2. Conexiones y cables. Examinar si los cables de las bujías están cortados, deteriorados, puestos a masa o hay alguna conexión floja o suelta. El buen estado de los cables es más importante de lo que parece, por que ante la creciente resistencia que las mayores compresiones oponen al salto de la chispa en la cámara de explosión, ocurre que la alta presión eléctrica, voltaje, tiende a "romper" por donde más fácil le resulte. Una grieta o reblandecimiento por aceite, doblez, etc., apenas perceptible, puede ser causa de una derivación a masa o a otro cable demasiado próximo o averiado, perturbando el encendido en otro cilindro. Esto mismo sucede si dos cables de cilindros inmediatos en el orden de explosiones, sobre todo en los ocho cilindros, se tocan o están paralelos muy próximos. Por inducción salta también la chispa en ese vecino y trastorna el funcionamiento.

3. Distribuidor (Fig.13.24-1). Lo primero es mirar el estado de la tapa, pues puede haberse rajado y por el polvo y suciedad que se mete en la grieta, se va la corriente; el mejor remedio es poner una tapa nueva. Una solución sencilla es "cortar" la raja haciendo un agujero que la atraviese, con una lima redonda.

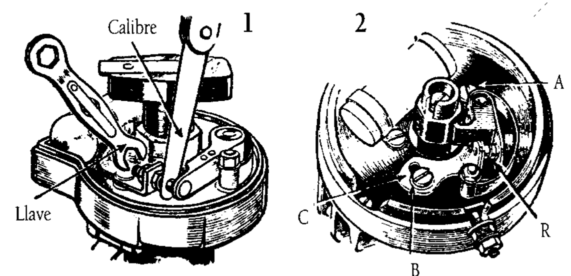
Después, comprobar el buen estado de la entrada de corriente "a"- "b", del dedo "d", de los bornes "c", por donde sale la corriente a las bujías, y de la tapa. Si el dedo del distribuidor tiene escobilla de carbón, examínese, así como su resorte, y límpiese el camino que recorre por los contactos "c". Si es dedo metálico, cuidar de que no roce sobre dichos contactos ni que aquel huelgo pueda ser mayor de tres décimas de milímetro.

4. Ruptor (Fig.13.24-2). Los contactos Y pueden estar sucios, quemados o con separación indebida. Si están sucios, se limpian con un trapo y gasolina. Si están quemados, se repasan suavemente con una lima fina o papel de esmeril extrafino (limpiando después muy bien con gasolina, pues la menor traza de arenilla provoca el quemado) o, lo que es preferible, suavizándolos sobre la "piedra de aceite". Si están muy estropeados lo mejor será poner unos nuevos.

Siempre hay tendencia a pasarse material de uno a otro, por lo que las superficies se ponen rugosas, ligeramente quemadas y curvas, formando un hoyo en uno de los contactos y un saliente o cono en el otro; por eso conviene alisar antes las superficies, y se realiza el reglaje como se dijo al describirlos (Figs.13.18 y 13.24) y se detalla gráficamente en la figura 13.53.

Hay que fijarse al poner de nuevo el motor en marcha, si los contactos vuelven a quemarse en poco tiempo, lo que indicará la conveniencia de que un electricista pruebe el estado del condensador P (Fig.13.24-2), que puede haberse estropeado y habrá que poner uno nuevo.

Si se han cambiado los contactos del ruptor y siguen quemándose con rapidez o el encendido es "flojo", y el condensador está bien, conviene revisar la presión del muelle R, que tiende a juntar los contactos, que debe ser entre 550 y 570 gramos. Esta medición debe efectuarse en un taller especializado. Si la fuerza es menor de 500 gramos, los contactos tienden a rebotar y los "tungstenos" se desgastan muy deprisa; si es mayor de 660 gramos, el desgaste se origina en la leva y en el apoyo de fibra del brazo ruptor. Variando la encorvadura del muelle se altera su fuerza.



Ajuste de los contactos del ruptor. 1, por tuerca y contratuerca (antiguo); 2, por tornillos, exéntricos A y de apriete B sobre la placa portadora C, insertando el calibre entre los contactos R.

Figura 13.53.

Una causa de desgaste rápido de los contactos es haber cambiado el condensador por otro de distinta capacidad. Si rápidamente se forma pico en el contacto positivo es que el condensador es pequeño; si se observa hoyo se colocará un condensador menor. Una separación excesiva puede dar lugar a fallos a gran velocidad, pues estando los contactos poco tiempo juntos no da lugar a que pase corriente bastante, saturación, para que su corte provoque buen voltaje en el secundario.

A veces se agarrota el ruptor en su eje de oscilación 8 (Fig.13.18) o U (Fig.13.24-2), y quedan sus contactos permanentemente abiertos; lubricar dicho pivote, limpiándole de suciedad u óxido. Si hay casquillo de fibra, después de limpiarlo la mejor lubricación es frotarlo con un lápiz de mina muy blanda, grafito.

5. Resistencia "r" (Fig.13.18). En las bobinas que la llevan hay que comprobar su estado: puede estar rota o quemada, probablemente por haber dejado la llave del encendido puesta y en posición de "dado", con el motor parado (véase lo explicado sobre bobinas y resistores en las figuras 13.22 y 13.23).

6. Bobina sucia. Si la bobina-transformador está sucia, debe limpiarse, evitando cortocircuitos entre sus bornes.

7. Instalación eléctrica. Observar y comprobar el estado de los bornes y conexiones de la batería; unión de ésta a masa; cables de batería al interruptor de arranque y de éste al amperímetro, cuadro, bobina y cabeza de delco. Estas conexiones deben repasarse con frecuencia, manteniéndolas en perfecto estado de apriete y limpieza, pues ellas son el único inconveniente que ofrece este sistema de encendido. Compruébese la polaridad de la bobina.

8. Si, después de repasadas las anteriores causas de avería, el encendido no funciona a pesar de tener carga suficiente la batería, lo cual se comprueba encendiendo las luces, el desperfecto estará en el interior de la bobina, que no debe tocarse. Se pone una nueva.

9. Avances automáticos en mal estado. En la mayoría de los distribuidores, el avance mecánico centrífugo puede ser comprobado, al quitar la tapa del delco, moviendo a mano la pipa en sentido de su giro normal: debe poder girar un pequeño ángulo y los resortes de los contrapesos (Fig.13.28) deben volver la pipa a su sitio en cuanto las suelten los dedos.

El automático de vacío (Fig.13.30) se comprueba girando a mano la placa portadora del ruptor (o la caja entera del distribuidor, según el tipo) un pequeño ángulo y retrocederá a su sitio en cuanto se suelte. Si colocada la tapa se arranca el motor, al darle acelerones debe verse desde fuera el movimiento de éste automático de vacío, pero en caso negativo se revisará el tubo de toma del mismo por si estuviera roto o suelto. Si por estas pruebas no se descubre y puede remediar la avería, y el motor sigue "blando" (es decir, que al ir revolucionado no tiene el nervio o el vigor acostumbrado), habrá de revisar el encendido un especialista.

10. Puede presentarse el caso de tener tan descargada la batería que ni funciona el arranque ni encienden las luces. El procedimiento a seguir es meter en el cambio la segunda o tercera velocidad y se hace empujar el vehículo desembragado y dado el contacto; cuando alcanza una cierta velocidad, se embraga y el motor arrancará.

11. En los encendidos transistorizados, o electrónicos, con ruptor o sin él, el dispositivo electrónico es un elemento normalmente sellado que no admite reparación al alcance de mecánicos y electricistas; ciertamente que, dentro de lo previsible tampoco lo necesita. No se efectuará su sustitución sin antes verificar su alimentación y el estado de los componentes que en anteriores apartados se han considerado.

5.2. Encendido. Ampliación

Desarrollo de los sistemas de encendido. En el transcurso del tiempo se han ido desarrollando contínuamente las instalaciones de encendido por bobina como consecuencia de las elevadas exigencias impuestas a la potencia del motor y a la calidad de los gases de escape.

La electrónica ha tenido una creciente aplicación. Figura 13.54.

1934…1986

Encendido convencional con ruptor, distribuidor y bobina. Elementos clásicos descritos de avance automático.

1965…1993

Encendido transistorizado TZ. El ruptor se ha sustituido por un transistor exento de desgaste dispuesto en un bloque electrónico, que es activado por un sensor inductivo o un sensor Hall

1983...1998

Encendido electrónico EZ. La distribución de la alta tensión se efectúa mecánicamente, habiéndose suprimido el regulador mecánico del ángulo de encendido. El nº de revoluciones y la carga se detectan de forma automática por medios electrónicos y el diagrama del ángulo de encendido es depositado en una memoria de semiconductores. La unidad de control regula todo el sistema.

1998….

Encendido totalmente electrónico VZ.- La distribución de la tensión no se efectúa de forma mecánica, sino de modo electrónico en la unidad de control de encendido (distribución estática de la tensión). Por tanto no existe ya ninguna pieza que pueda ser afectada por desgaste.

Desde este año sólo existen unidades de control del motor en las que están combinados el encendido electrónico total y la inyección de gasolina.

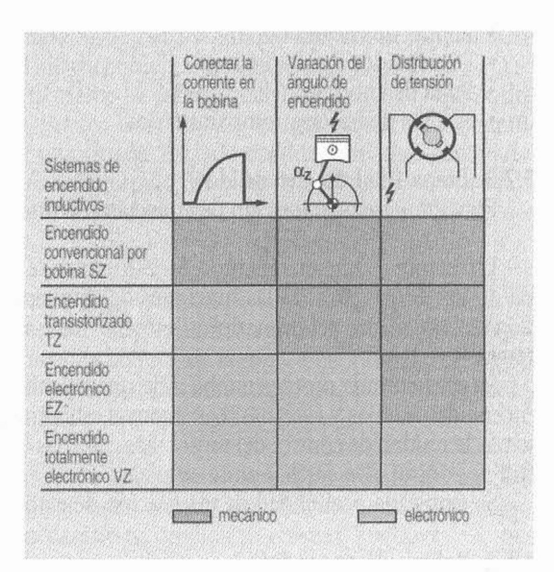


Figura 13.54

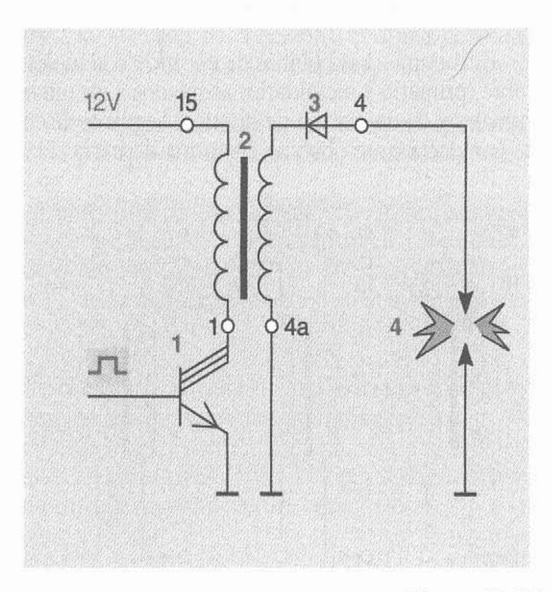


Figura 13.55

5.2.1. Sistema de encendido inductivo (distribución estática de la tensión)

Vista general

El circuito de encendido inductivo consta de los siguientes componentes: figura 13.55

- Etapa final de encendido, posición 1.

- Bobina de encendido, 2.
- Distribuidor de alta tensión
- Bujía de encendido 4
- Medios de unión y antiparasitarios.

5.2.2. Etapa final de encendido

Función.- Tiene la función de conectar la corriente en la bobina de encendido.

Estructura y funcionamiento.- Su estructura se comporta como transistores de potencia de tres etapas. Realiza las funciones de "limitación de tensión del primario" y "limitación de la corriente del primario" y "protege" los componentes del encendido contra sobrecargas.

Su estructura la protege también de una calentamiento anormal. Hay etapas finales de encendido internas y externas. Las internas están integradas en la placa de circuitos impresos de la unidad de control del motor. Las externas están en una caja propia fuera de la unidad de control, son caras y no se emplean.

Se emplea la posibilidad de integración de etapas finales en las bobinas de encendido.

5.2.3. Bobina de encendido

Función.- La bobina acumula la energía de encendido necesaria y genera la alta tensión para el salto de la chispa en el momento de encendido.

Estructura.- Las bobinas de encendido actuales se componen de dos arrollamientos de cobre (primario y secundario) acoplados a un núcleo de hierro compuesto de chapas individuales y de un cuerpo de plástico. Según el diseño, el conjunto puede formar una bobina compacta o una bobina en forma de barra. El aumento de resistencia del aislamiento puede conseguirse con un arrollamiento plano de las espiras del secundario y rellenando el cuerpo con resinas de epoxi.

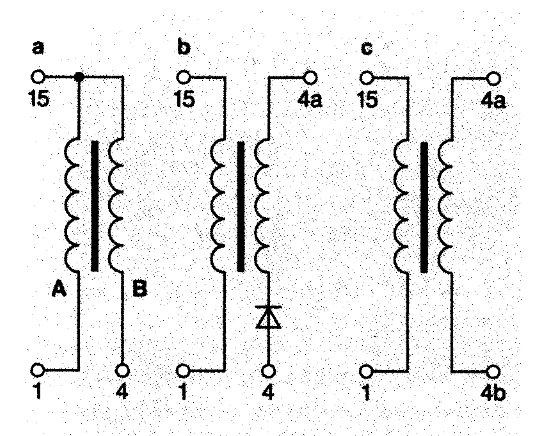


Figura 13.56

Funcionamiento.- La energía acumulada en el arrollamiento primario se transmite por el fenómeno de la inducción electromagnética al secundario de la bobina, debido al "corte " de corriente primaria que se produce en la etapa final de encendido.

En la bobina de encendido de una chispa para sistemas con distribución rotatoria de alta tensión, una conexión del arrollamiento primario está unida con una conexión del secundario, conectándose ambas de forma conjunta al borne 15, figura 13.61 La otra conexión del arrollamiento primario está

conectada con la etapa final de encendido, borne 1. La segunda conexión del arrollamiento secundario está unida al distribuidor de encendido, borne 4.

Los arrollamientos primario y secundario de las bobinas de encendido de una y de dos chispas, para sistemas con distribución estática de la tensión no están conectados conjuntamente. En la bobina de encendido de una chispa, un lado del arrollamiento secundario, borne 4a está aplicado a masa, el otro está conectado directamente a la bujía de encendido. Las dos conexiones del arrollamiento secundario de la bobina de encendido de dos chispas conducen cada una a una bujía.

En el momento de encendido la etapa final interrumpe la corriente primaria. En la bobina de hilo fino se induce una corriente de alta tensión. La tensión secundaria máxima posible depende de la energía acumulada en la bobina, de la capacidad interna y de la relación de transformación de la bobina, de la "carga" del secundario (bujía de encendido) y de la limitación de la tensión del primario por la etapa final de encendido.

La tensión secundaria ha de ser alta, para que se produzca el salto de la chispa en la bujía de encendido. La energía de la chispa tiene que ser lo suficientemente grande para encender la mezcla, también en el caso de que se produzcan chispas "sucesivas", lo que ocurre cuando la chispa de encendido es "desviada" por turbulencia de la mezcla, efectuándose una ruptura.

En el momento de conectarse la corriente primaria, en el arrollamiento primario se induce una tensión no deseada de unos 2 kv (tensión de conexión), con una polaridad opuesta a la de alta tensión. Ha de impedirse entonces un salto de la chispa de la bujía de encendido (chispa de conexión).

La chispa de conexión se impide de forma eficaz en los sistemas de distribución rotatoria de alta tensión, mediante la distancia disruptiva que existe entre terminal de distribución y contacto.

En el caso de distribución estática de la tensión con bobinas de una chispa, un diodo (véase la figura 13.61 b) dispuesto en la bobina de alta bloquea la chispa de conexión.

En el caso de distribución estática de la tensión con bobinas de dos chispas, la chispa de conexión es impedida por la alta tensión disruptiva de la conexión en serie de dos bujías de encendido, sin otras medidas adicionales.

También debemos conocer que al desconectarse la corriente del primario en la etapa final, se origina en el arrollamiento una tensión de autoinducción de aproximadamente 200 a 400 voltios. Esta tensión favorece la relación de espiras primario secundario, permitiendo una bobina con menos volumen. En los encendidos antiguos de ruptor, era el condensador quién descargaba una corriente al primario consiguiendo el mismo efecto.

5.2.4. Distribución de la tensión

Función.- La alta tensión generada en la bobina de encendido ha de estar aplicada en su momento a la bujía adecuada.. Esta distribución la hace el distribuidor de tensión.

Distribución rotatoria de alta tensión.- Figura 13.57 a

La alta tensión generada en una sola bobina de encendido, en la distribución rotatoria es repartida de modo mecánico a las distintas bujías (5), por un distribuidor de encendido (3).

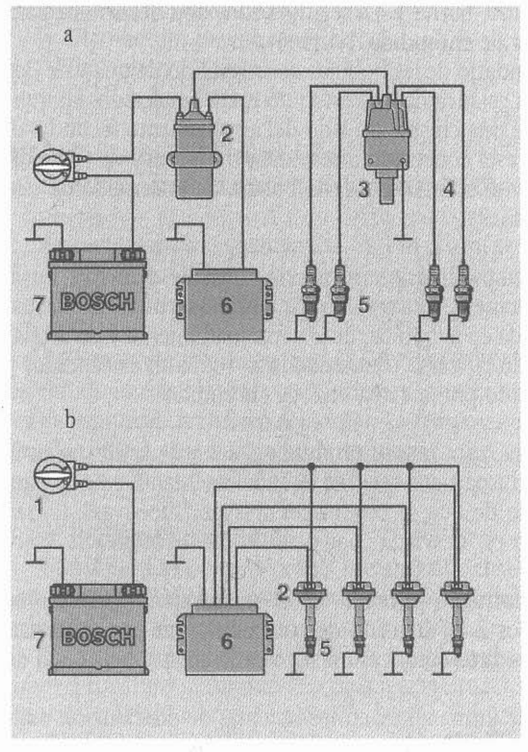


Figura 13.57

Este modo de distribución ya no se emplea en los modernos sistemas de gestión del motor.

Distribución estática de la tensión.- En ella se han suprimido los componentes mecánicos, figura 13.57. Las bobinas de encendido están unidas directamente con las bujías y la distribución de la tensión se efectúa actuando sobre el primario de la bobina, en lugar de distribuir la tensión secundaria, de este modo es posible una distribución con menos desgastes y pérdidas. Para esta realización existen dos variantes:

Instalación con bobinas de encendido de una chispa.- A cada cilindro se le asigna una etapa final y una bobina de encendido. La unidad de control del motor activa la etapa final con arreglo al orden de encendido.

Como no existen pérdidas que se producían en el distribuidor, las bobinas pueden ser de tamaño pequeño. Se colocan directamente sobre la bujía de encendido, figura 13.58.

La distribución estática de la tensión con bobinas de encendido de una chispa, es válida para motores de cualquier nº de cilindros. No hay limitación para conseguir variaciones del ángulo de encendido, pero requiere "sincronismo adicional" con el árbol de levas mediante un sensor.

Instalación con bobinas de encendido de dos chispas .- En este sistema se asigna una etapa final y una bobina de encendido a dos cilindros. Los extremos del arrollamiento secundario están conectados cada uno a una bujía distinta. Los cilindros de esas bujías se eligen de forma que durante la carrera de compresión de un cilindro, se encuentre el otro en la carrera de escape. En el momento de encendido tiene lugar un salto de chispa en las dos bujías de encendido a la vez. La chispa del escape se asegura de forma que no produzca ninguna inflamación residual, ni de gas fresco.

Con este sistema existe una limitación a la variación del ángulo de encendido. La instalación, a cambio, no requiere sincronización con el árbol de levas.

5.2.5. Medios de unión y antiparasitarios

Cables de encendido.- La alta tensión generada en la bobina es conducida por cables hasta las bujías, en el caso de bobinas no asentadas directamente sobre ellas. Se emplean

cables con aislamientos de plástico resistentes a altas tensiones, en cuyos extremos hay unos enchufes adecuados para establecer el contacto con los componentes de alta tensión. Los cables representan una carga capacitiva reduciendo la oferta de tensión secundaria, por ello tienen que ser lo mas cortos posibles.

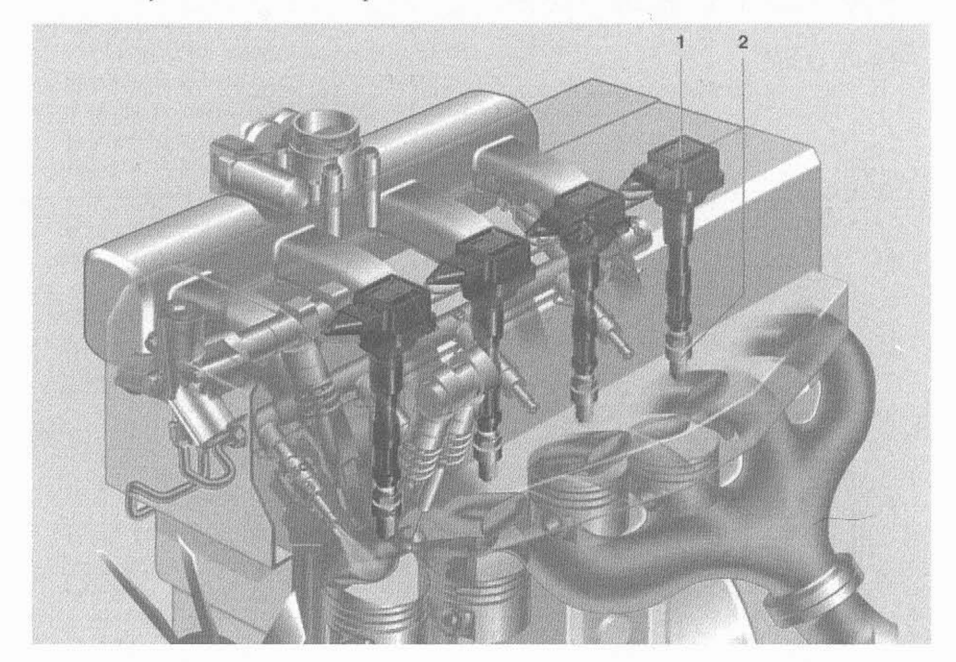


Figura 13.58

Resistencias antiparasitarias, apantallado.- Cuando la distribución de la chispa es rotatoria, cada salto es una fuente de perturbaciones a causa de la descarga en forma de impulso. Mediante resistencias antiparasitarias dispuestas en el circuito de alta tensión se limita la corriente punta de la descarga. Las resistencias antiparasitarias han de estar dispuestas cerca del salto. Estan situadas como norma en los capuchones de las bujías y también en el rotor de encendido. El apantallado parcial o completo de la instalación de encendido consigue la reducción de radiaciones, mejorando el rendimiento del cable.

NOTAS

1. **Lámpara estroboscópica.** Su principio de iluminación es muy simple. Consiste en iluminar una pieza en rotación por medio de una sucesión de destellos igual al número de vueltas por minuto de la pieza. La persistencia en la retina hace parecer inmóvil el elemento que gira.

Histórico

Hasta hace años se encontraban en el mercado **bujías desarmables** para facilitar su limpieza, pero la estanqueidad era dudosa, por lo que dejaron de usarse.

Ruptor doble

En algunas cabezas delco para motores de seis y ocho cilindros, de los años 1925 a 1950, había dos ruptores accionados por una leva con la mitad de salientes que cilindros, tres para el seis cilindros, cuatro para el ocho, etc. Se obtenía mejor funcionamiento y conservación de los contactos, puesto que los ruptores trabajaban a mitad de cortes; y se conseguía que la corriente circulase algo más de tiempo por el circuito primario, cosa muy interesante, porque al aumentar la velocidad de rotación de los motores, el intervalo entre chispas cada vez resultaba más escaso (sobre todo en los motores de seis y más cilindros) para que al juntarse los contactos tuviera tiempo la corriente de llegar a circular a plena intensidad; a causa de la autoinducción y otros motivos, el establecimiento de la corriente no es, ni mucho menos, tan rápido como su corte, y, por tanto, convenía dar tiempo a que pudiera alcanzar su valor máximo. Con los dos ruptores sincronizados (Fig.13.59) no llegaba a ser el doble por que trabajando en paralelo ambos ruptores se anularían el uno al otro si superpusieran sus tiempos; por ello la leva no tiene los salientes agudos, sino romos, como se aprecia en la figura citada; pero algo se mejoraba. El perfeccionamiento de los aparatos de encendido hizo innecesario este dispositivo.

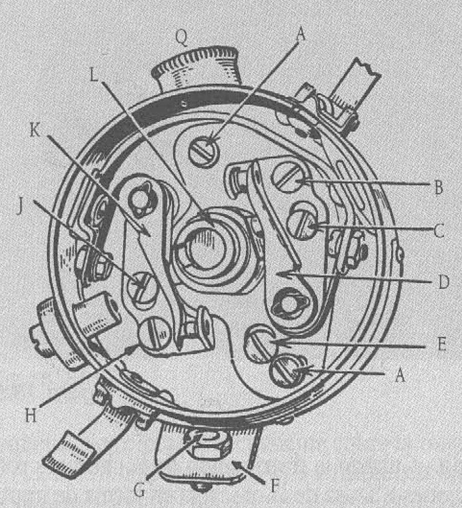


Figura 13.59.

La figura 13.59 representa una cabeza delco para motor de seis cilindros con dos ruptores sincronizados D y K. La caja del distribuidor se inmoviliza por la tuerca G, cuyo espárrago pasa por una ranura de la chapa F, de modo que la cabeza delco puede moverse con relación a la chapa para la puesta a punto del encendido, y una vez hecho esto corregirlo finalmente, si la gasolina es mala y produce detonación.

Uno de los ruptores, el K, está montado fijo sobre la base soporte del mecanismo. El otro ruptor D va colocado en una placa portadora cuya posición con relación a la otra placa-soporte se puede variar mediante el tornillo excéntrico E, fijándose con los tornillos A.

Para ajustar la separación de los contactos se empieza por girar el motor hasta que se separen al máximo los contactos del ruptor fijo K: se calibra su holgura aflojando el tornillo de apriete H y dando vueltas al de reglaje J hasta obtener la debida separación, volviendo a apretar H. Después se gira un poco el motor para que se separen lo más

posible los contactos del otro ruptor móvil D, y se regula su holgura de análoga manera con los tornillos de sujeción B y excéntrico C.

Para hacer la puesta a punto, y suponiendo un orden 1-5-3-6-2-4, se empieza por poner el primer cilindro en explosión, para lo cual se procede, como se dijo, observando los taqués de las válvulas, y cuando se cierra la de admisión se gira un poco más hasta hacer coincidir la señal de encendido o de punto muerto, en el volante o en el dámper, con la referencia del cárter. Se afloja la tuerca G y se da el encendido. Gírese la caja del distribuidor a derechas todo lo que permita el orificio de la placa F; el amperímetro en el tablero de instrumentos marcará descarga. Gírese la caja ahora lentamente en sentido contrario, a izquierdas hasta que la aguja del amperímetro vuelva a cero; esto indica que los contactos K acaban de abrirse en ese momento, que debe ser precisado con exactitud. Apriétese entonces la tuerca G y córtese el encendido.

Se gira el motor un tercio de vuelta para poner en posición de encendido el cilindro 5. Si fuese un ocho cilindros sería un cuarto de vuelta hasta poner en explosión el cilindro que siga al 1 según el orden de trabajo. Si hay marca en volante o dámper se hace coincidir con la referencia del cárter; si no, se mide exactamente en giro de 120° o de 90° que se habrá marcado en polea o volante. Ahora el ruptor que debe funcionar es el otro, ya que alternan entre sí. Se aflojan los tornillos A una media vuelta y se gira la placa portadora de los contactos, mediante E, a derechas todo lo que permitan los tornillos. Se vuelve a dar el encendido, debiendo marcar descarga el amperímetro. Gírese la placa portadora a izquierdas hasta que nuevamente marque cero la aguja del amperímetro, determinando con precisión este momento, y entonces se aprietan los tornillos A. Ahora quedan ambos ruptores sincronizados. En algunos modelos el tornillo de sincronización E va colocado debajo de la caja del distribuidor.

Ejecutadas las operaciones descritas se coloca en su sitio la tapa del distribuidor y se comprueba que la puesta a punto está bien hecha, para lo cual se desconectan los cables de las bujías y el extremo del correspondiente al primer cilindro se acerca a unos cinco milímetros de masa; entonces se gira el motor hasta que aparezca otra vez, en el nuevo momento de la explosión, la señal ante la referencia fija, en cuyo instante y con precisión, si el reglaje quedó bien hecho, debe saltar una chispa entre el citado cable y masa. Se gira un tercio o cuarto de vuelta el motor y se realiza análoga comprobación para el otro ruptor cuando aparece la señal, mediante el cable de bujía del quinto cilindro (en el momento de seis, o en el que corresponda en el de ocho).

Avance por contrapesos

En la mayoría de los motores provistos de control de vacío, el avance que éste proporciona se suma al mecánico que dan los contrapesos; pero en el Ford hasta 1949 era al revés; los contrapesos suministran todo el avance máximo posible, y su movimiento está limitado por un freno que sólo queda libre cuando el control de vacío actúa fuertemente, es decir, cuando el motor gira de prisa y a medios gases; en ese momento el avance debe ser, en efecto, el máximo.

De 1949 a 1956 Ford suprimió, en muchos motores que no llevan el encendido de otra marca, el avance por contrapesos, y confió toda la graduación automática al juego combinado de dos tomas de vacío sobre la membrana, una a la altura del difusor o venturi y otra encima de la mariposa; pero desde 1956 emplea los avances mecánicos y de vacío normales, que se suman.

ENCENDIDO POR MAGNETO

Se encuentra todavía en algunos motores de automóviles un sistema de encendido que antes de 1920 era casi el único usado, sobre todo en vehículos europeos; sistema sólido y seguro que se basa en la utilización de un generador de electricidad llamado *magneto*. Actualmente es empleado en algunas motocicletas y tractores.

El fundamento es muy parecido al del encendido por batería. En el encendido por *magneto*, en vez de utilizarse la corriente de la batería, se "fabrica" en el propio aparato la corriente de baja tensión, que, lo mismo que en el caso de Delco, se transforma en alta tensión por medio de un *ruptor* y *bobina*, y se distribuye a las bujías. La diferencia está solamente en que no se usa la corriente de la batería, y se obliga a la bobina primaria (y con ella a la secundaria, puesto que va devanada encima) a girar entre los polos de un fuerte imán permanente, con lo que nace en ella una corriente de baja tensión que, por medio de un ruptor, se corta y da lugar a que en el secundario nazca la corriente de alto voltaje que, por medio del distribuidor, se envía a las bujías.

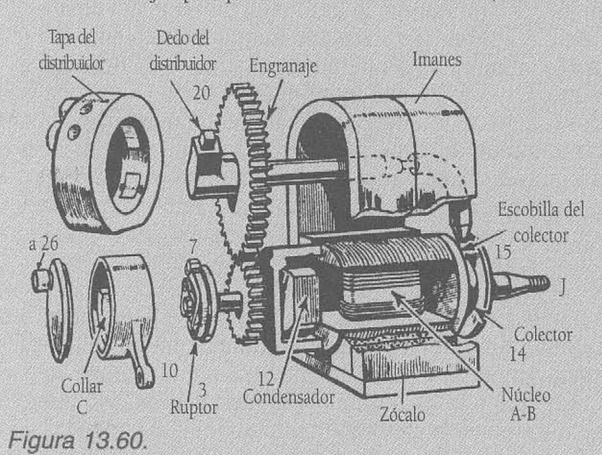


Figura 13.60.

Si el fundamento difiere poco, en cambio el aspecto exterior de los aparatos era muy distinto, por que en el Delco la bobina es fija y en la magneto los arrollamientos van sobre un núcleo o armadura que giran entre los polos del imán. Sobre el núcleo se arrolla la bobina primaria de hilo grueso, uno de cuyos extremos se une a masa y el otro sigue por el eje de giro de la magneto al perno central 2 del ruptor (sin dejar de mirar la figura 13.60, sígase también la explicación en la 13.66). El ruptor es, por tanto, giratorio, y se compone de la pieza central Y, llamada *yunque*, en la que hay un contacto regulable con un tornillo y tuerca, y el *martillo* T. En la cabeza del martillo está el otro contacto 5 del ruptor, que no suele ser regulable. Los contactos del yunque y martillo se llaman "platinos" porque en las buenas magnetos se ponían de ese metal aunque por su precio elevado se usaron generalmente de tungsteno como los del ruptor del delco. Normalmente el martillo está aplicado sobre el yunque porque le obliga el muelle "m" que por su otro extremo está fijo al plato del ruptor. Éste gira y al hacerlo la cola 7 del martillo tropieza en las levas 8 y 9 del collar fijo C, entonces el martillo bascula sobre su eje 6 y se separan los contactos 4 y 5.

El *circuito primario* es pues el siguiente: sale de masa 1 y sigue la bobina de hilo grueso B, perno central 2 del ruptor 3, contacto 4 del "m", yunque Y, contacto 5 del martillo T y sigue por este y resorte "m" a la masa 11. Para absorber las chispas de los contactos 4 y 5 se deriva como en el delco un condensador 12.

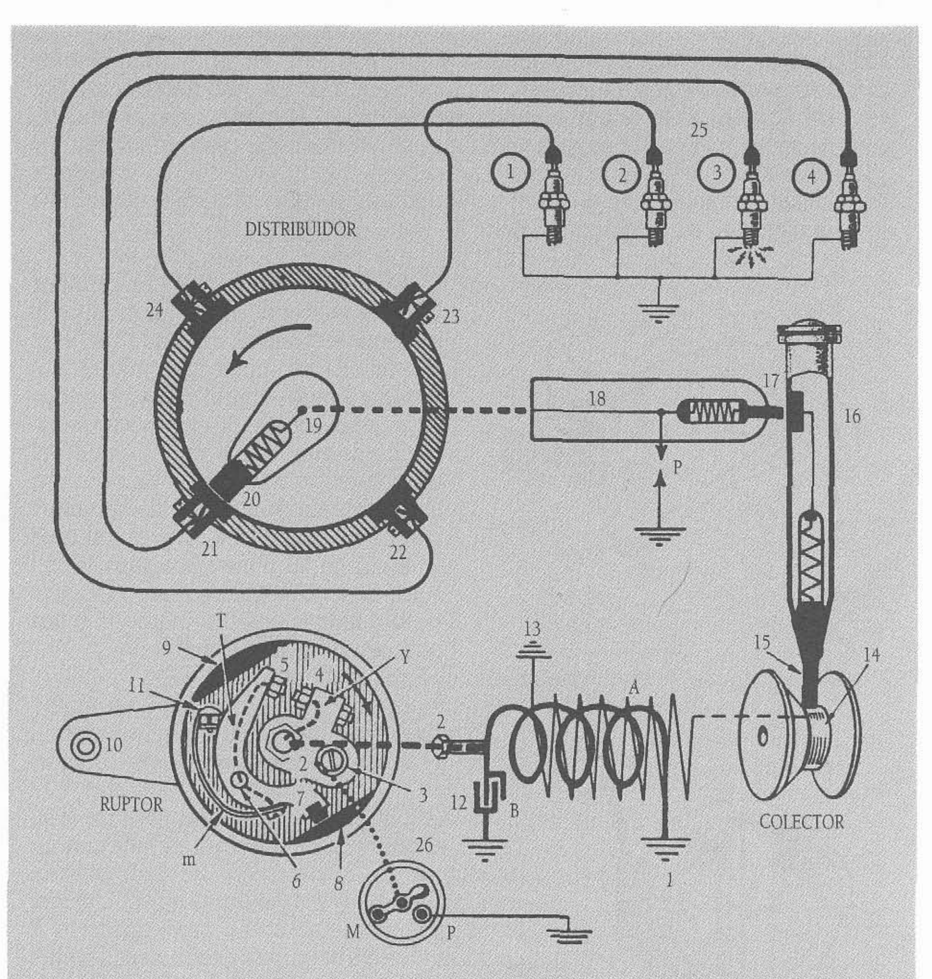


Figura 13.61.

Circuito secundario. Un extremo de la bobina secundaria A se une a masa en 13, el otro se une al colector también giratorio 14, de donde la corriente es recogida por la escobilla 15, sigue por el portaescobilla 16, escobilla 17 de la pieza 18 y dedo del distribuidor 19, que al girar apoya su escobilla 20 sobre los contactos 21, 22, 23 y 24, supuesta la magneto para un motor de cuatro cilindros, y de estos parten los cables a las bujías 25, cerrándose por masa el circuito.

Al cortar el ruptor la corriente primaria *nace* en el secundario de la bobina la corriente de alta tensión, que es enviada por el distribuidor a las bujías.

Del hilo 18 se deriva una punta que se coloca frente a otra unida a masa, dejando entre ellas un espacio de unos 8 milímetros P llamado *pararrayos*. Tiene por objeto descargar la electricidad a la magneto cuando por cualquier causa no puede saltar la corriente de alta tensión en la bujía.

El engranaje entre ruptor y distribuidor (Fig.13.65) suele ser de material plástico para conseguir movimiento silencioso. El primero gira a la velocidad del cigüeñal, por eso tiene la mitad de levas que cilindros, y el segundo a la mitad, como el árbol de levas del motor, por lo que en cada vuelta reparte tantas chispas como cilindros.

La máxima separación entre los contactos del ruptor debe de ser de 4 a 5 décimas de milímetro y se ajusta con un calibre y el tornillo del yunque, en la misma forma que se explicó en la figura 13.53 para el delco.

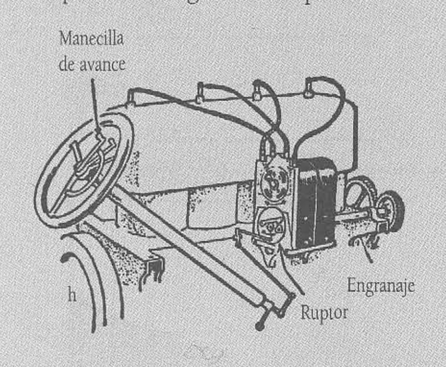


Figura 13.62.

Avance al encendido. Se consigue variar el momento en que se produce la corriente secundaria moviendo las levas con relación al ruptor (Fig. 13.61). Las levas 8 y 9 están sobre el collar con mango 10; a éste puede dársele un pequeño movimiento de giro, con lo que la cola 7 del martillo tropezará antes o después con ellas, adelantando o retrasando la ruptura del primario y por tanto, la producción de la chispa en las bujías. El mango 10 del collar de levas se manda desde el volante de la dirección con una manecilla y una serie de varillas (Fig.13.62).

También puede ser el avance automático de forma análoga a la del delco.

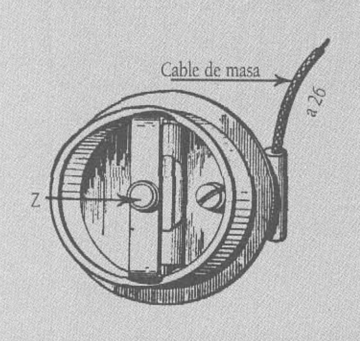


Figura 13.63.

Parada del motor. Cuando se quiere parar el motor del vehículo lo más sencillo es cortar el encendido.

Si en el circuito primario de la magneto (Fig. 13.61) se deriva desde 2 a masa un hilo con un interruptor 26, mientras éste se halle abierto, manecilla en M, la magneto funcionará como se ha explicado; pero si 26 se cierra, posición P, entonces el efecto del ruptor queda anulado, pues el primario está a masa en sus dos extremos constantemente. No cortándose, pues, la corriente en el ruptor, no se induce en el secundario y no habrá chispa en las bujías. El motor se para. El interruptor M suele ir en el tablero de instrumentos. Para ello, en la tapa del ruptor hay una escobilla Z (Fig. 13.63) que se apoya sobre el perno central 2. Desde esta escobilla parte un cable llamado de masa que se representa con puntos gruesos en la figura, que va al contacto 26 en el tablero.

Arrastre de la magneto. En la figura 13.62 se ve la colocación usual de la magneto. Desde el cárter de la distribución un piñón mueve un eje que se acopla por unas mordazas o sujeción análoga con el eje del inducido de la magneto (J en la figura 13.60).

En vez de mordazas para sujetar el eje del inducido puede emplearse la disposición Vernier de la figura 13.64. En ella se ve que el eje de la magneto y el del mando que le transmite el movimiento desde el motor terminan en placas ranuradas o dentadas

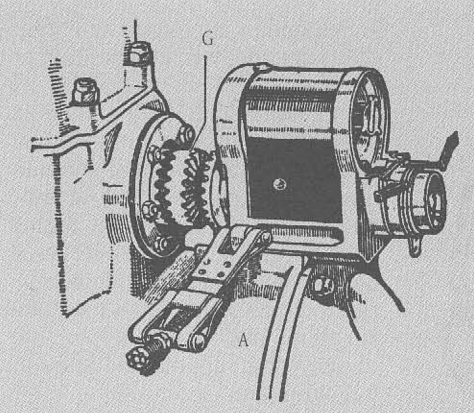


Figura 13.64.

que se enlazan entre sí con el disco, también ranurado, elástico G. Acoplado el disco con las placas, se sujeta la magneto a su zócalo por medio de la abrazadera A. El disco intermedio G tiene una ranura más por una cara que por la otra, de modo que si conservando fijo el eje del árbol conductor en la posición de la figura, se gira una ranura a un lado u otro el disco G, el eje de la magneto al ser nuevamente acoplado variará ligeramente de posición, lo que sirve para ajustar la puesta a punto del encendido.

Magnetos de inducido fijo. En la figura 13.65 las bobinas primarias G y secundaria F van montadas sobre una armadura fija en forma de herradura vertical AA, de hierro dulce. Entre sus extremos y los polos N y S de un imán horizontal, también en herradura, giran las piezas polares PP. Se dibuja con línea de flechas el camino que sigue el flujo magnético por la armadura AA, y que pasa por el núcleo de la bobina primaria G. En cuanto las piezas polares PP giren, el flujo magnético pasará de cada polo a uno y otro lado de la herradura AA, y el flujo cambiará de sentido dentro del núcleo de G. Esta variación de flujo hace nacer en G la corriente primaria que se lleva al ruptor R, mandado por la leva L. Los cortes de la corriente primaria engendran en el arrollamiento secundario F la corriente de alta tensión, que por D se lleva al distribuidor como en una magneto corriente.

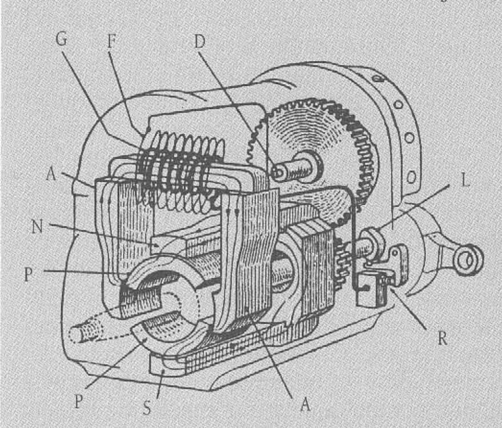


Figura 13.65.

Un tipo más reciente de magneto (Fig.13.66), es de eje vertical y se parece en la forma y organización a una cabeza de delco. La bobina H, con el doble arrollamiento primario-secundario, está colocada a un costado sobre la armadura fija K, entre cuyos polos I gira el imán rotativo D. El ruptor G está debajo del distribuidor A, cuya tapa es F, al centro de la cual llega la corriente de alta tensión por el cable L desde la bobina H. El condensador es B; con la letra C se marcan los dos rodamientos, de rodillos el de arriba y de bolas el de abajo, del eje M que está partido en el dispositivo de avance al encendido E.

Puesta a punto de la magneto. Primero se ve el sentido de giro de la magneto; si ésta es de avance variable a mano ha de colocarse el collar de levas de modo que

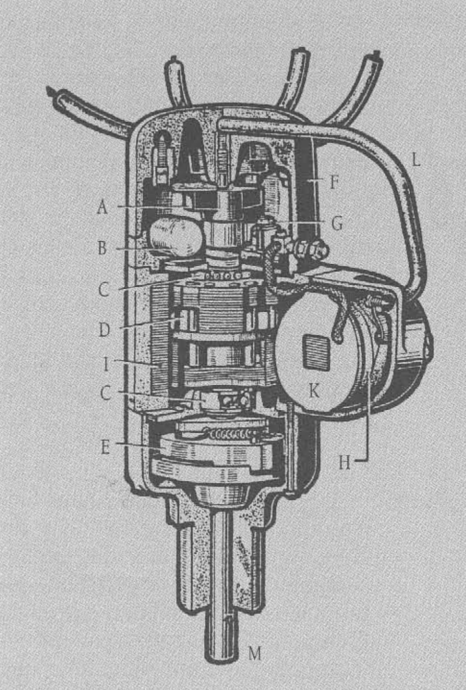


Figura 13.66.

corresponda a la posición de encendido retrasado, y en esta posición se coloca también la manecilla del avance. Fácilmente se ve cual es la posición de collar que corresponde al encendido retrasado, pues, sabiendo el sentido de giro del ruptor, se comprende que movido en esa misma dirección el collar de levas, el encendido se retrase, y en sentido contrario se avanza porque antes tropezará la cola del martillo con la leva, produciéndose la ruptura en el primario y la chispa en el secundario.

Se determina el orden de explosiones del motor y se coloca el primer cilindro en explosión. Si el avance al encendido es fijo, se colocará la señal correspondiente del volante ante la referencia del cárter. Si el avance es variable, se coloca el pistón en PMS y el collar de levas en la posición de encendido retrasado, como ya se dijo. Después no hay más que colocar el inducido de la magneto en posición de producir una chispa, es decir, abriéndose los contactos del ruptor. Esto se precisa metiendo un papel fino entre los platinos y tirando de él a la vez que se gira el inducido en el sentido con que lo hará en el motor. En el instante en que el papel pueda sacarse es cuando los contactos empiezan a abrirse y se produce la chispa en el secundario. En esa posición el inducido, se acopla la magneto a su árbol de arrastre, apretando la mordaza o dispositivo de sujeción; se sujeta también sobre su zócalo y se ve a qué cable envía la corriente en ese momento el dedo del distribuidor, cable que se engancha a la bujía del primer cilindro. Luego, se ve como gira el distribuidor y se unen los sucesivos cables a los cilindros, según el orden de encendido de estos.

Averías del encendido por magneto

El orden de investigación de las averías debe de ser el siguiente:

1. *El contacto está a masa* (posición de parada).
2. *Comprobar la producción de chispas en las bujías.* Véase lo dicho sobre este tema en las Averías del Encendido Delco.
3. *Se suelta el hilo de masa* (Fig.13.63) que va sujeto a la tapa del ruptor o se suelta esta tapa. Si el motor se pone en marcha es que la avería consiste en un contacto indebido a masa del cable que va desde esta tapa al contacto del tablero.
4. *Bujías en mal estado.* Véase lo dicho en las Averías del Encendido Delco.
5. *Cables y conexiones.* Idem.
6. *Distribuidor.* Se quita la tapa del distribuidor y se limpia el camino de frotamiento del dedo o escobilla con un trapito humedecido en alcohol o muy ligeramente en

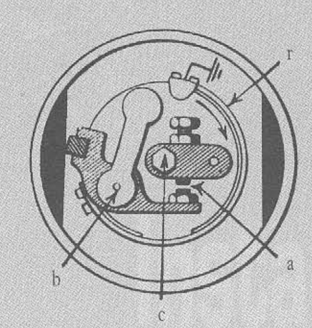
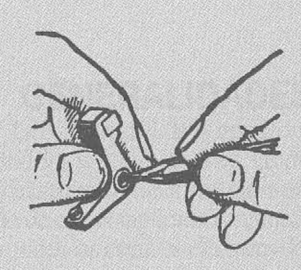


Figura 13.67.


Figura 13.68.

petróleo. Se comprueba el buen estado de la escobilla rotatoria y su resorte.

7. *Ruptor* (Fig.13.67). Los tornillos platinados "a" pueden estar sucios, se limpian con un trapito y alcohol; estar excesivamente separados o juntos, ajústense con un calibre; o estar muy quemados, en cuyo caso pueden repararse con una lima o papel de esmeril extrafinos. Si están muy estropeados lo mejor será poner unos nuevos. Si ésta es la avería hay que fijarse al poner de nuevo en marcha el motor si saltan chispas gruesas en los tornillos platinados, señal de haberse estropeado el condensador.

   Para ajustar la separación de los contactos, así como para las operaciones de montaje de la magneto, hay una pequeña herramienta especial llamada "llave de magneto" (Fig.13.53-1). En las magnetos modernas se efectúa el reglaje de modo análogo al del delco (Fig.13.53-2).

   El martillo puede haberse agarrotado en su eje de oscilación "b" (Fig.13.67).Para repararlo basta aumentar un poco el hueco de la fibra, sencillamente lubricarlo con la punta de un lápiz blando (Fig.13.68). En caso de necesidad puede ponerse provisionalmente una gotita de aceite.

   El perno central "c" (Fig.13.67) puede haberse aflojado.

8. *Colector* (Fig.13.65). Sucio de aceite, se limpia con un trapito humedecido en gasolina, si es accesible; si no, se limpia con tiras de papel o trapo.
9. *Escobillas*. Comprobar el estado de los carbones y sus resortes, sin olvidar los de masa.
10. Si la avería del encendido no es ninguna de las anteriores, únicas que puede investigar el conductor cuidadoso, puede ocurrir: o que los imanes han perdido su magnetismo, o que hay una rotura en los arrollamientos. Ambas averías son causa suficiente para que el mecánico, sin actuar en la magneto, la desacople del motor y la lleve a un buen especialista.

Cuando el arrastre de la magneto se hace por medio de una mordaza que sujeta su eje, puede aflojarse y permitir que se desregle el calado de aquella. Si es poco se notará en que el motor no va bien, y se apreciará fácilmente que el encendido marcha avanzado o retardado. Si es mucho, el motor no funcionará. En ambos casos, hágase la puesta a punto como ya se dijo.

Otra avería se produce cuando se desembornan dos o más bujías a la vez, y al colocar de nuevo los cables se ponen cambiados. El motor no arrancará y a lo sumo dará unos estampidos al escape y carburador que son un síntoma de este contratiempo. Esto se arregla, como se dijo en el encendido por batería, averiguando el orden de explosiones del motor.

Capítulo 14

Conjunto de la Instalación Eléctrica

1. GENERALIDADES

La complejidad de la instalación eléctrica de un vehículo moderno, la diversidad de marcas y modelos y, dentro de éstos, las distintas dotaciones, "a la carta", de equipamientos y opciones, dificultan extraordinariamente la posibilidad de exponer y estudiar un esquema completo y detallado de este complicado conjunto en un manual. Sirva como observación saber que, por ejemplo, todos los circuitos eléctricos de la gama Renault-25, modelo 1987, vienen representados por 73 esquemas funcionales, y que éstos pueden representar una o varias funciones a la vez. En ellos, la diversidad de conectores, empalmes, puentes, órganos y cables, de distintos colores y secciones, lo hacen material de trabajo para personal muy especializado que, en los talleres, disponen de los esquemas precisos.

En la figura 14.1 puede observarse el bloque central del sistema eléctrico, modelo 201 de Mercedes Benz, que permite dividir los juegos de cables principales en juegos individuales; por ejemplo, juego de cables para el conmutador giratorio de luces, para el faro izquierdo, etc. Los juegos individualizados están unidos en el bloque central mediante acoplamientos.

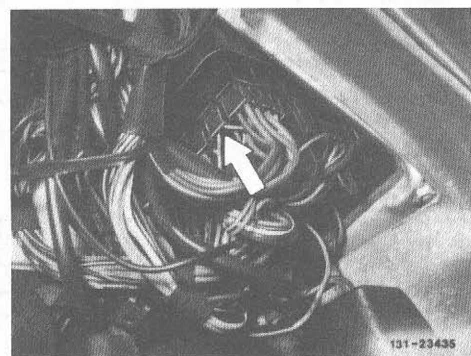
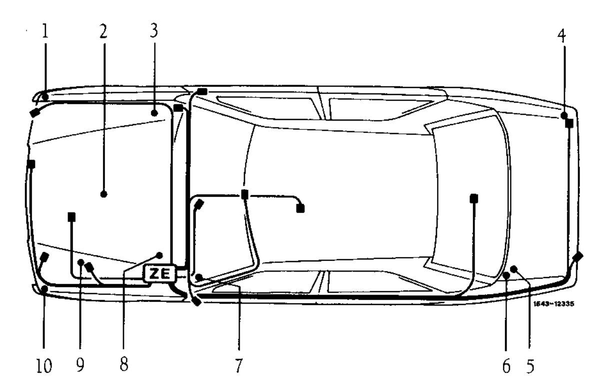


Figura 14.1.

En la figura 14.2 figuran los puntos de masa en el mismo modelo.

En la figura 14.3 se representa, en perspectiva y punteado, un chasis de automóvil, con motor, sobre el que se han colocado, con arreglo a los esquemas estudiados en las figuras 11.62 y 13.18, los diversos aparatos que constituyen los equipos de Producción, Arranque, Alumbrado y Encendido. Al pie se inserta una explicación de la misma sobre la que se puede seguir lo que hasta aquí se ha expuesto.

Para facilidad de estudio se supone una instalación sencilla, con bombillas de filamento único en los faros, y un mínimo de servicios eléctricos que cualquier vehículo moderno supera, por pequeño que sea.



Esquema, puntos de masa
1 Bajo el faro derecho
2 Motor, masa mediante tornillos, al atornillar el elemento eléctrico
3 Masa junto al cable de masa de la batería
4 Bajo la luz piloto derecha
5 Cinta de masa, antena
6 Encima del pasarruedas trasero izquierdo
7 Bloque central/masa, bloque central
8 Cinta de masa, motor, carrocería
9 Tornillo de fijación de la bobina del encendido
10 Bajo el faro izquierdo

Figura 14.2.

Por ello, se recomienda que, una vez seguidos sus circuitos, se repita el ejercicio sobre la figura 14.4, que representa una instalación correspondiente a un vehículo moderno. El esquema está simplificado, pero expone de forma clara y sin tener que leer texto, la realidad agrupada en los diversos servicios. Cada uno de los principales de éstos se destaca con líneas rojas en las figuras:

14.5: producción y carga, con dinamo. Prácticamente sirve para el caso de alternador; 14.6: circuito del arranque; 14.7: circuito de alumbrado; 14.8: circuito del encendido.

C, toma de masa de la batería.
G, polo a masa de la batería.
H, polo de línea de la batería.
K, interruptor de arranque.
L y P, bornes del amperímetro.
Q, entrada de la corriente al cuadro de la distribución.

Luz del tablero
Volante de dirección
Bobina
Bocina
P
Luz de "pare"
Pedal del freno
Faros
Luz posterior
Batería
Delco
Dinamo
Motor de arranque

1. Cuadro de distribución de la corriente eléctrica.
2. Disyuntor.
3. Amperímetro.
4. Interruptor de luz de "pare".
5. Interruptor pulsador de la bocina.

A, polo de línea de la dinamo.
Z, entrada de la corriente en el motor de arranque.

Figura 14.3.

Figura 14.4.

Figura 14.5.

Figura 14.6.

Figura 14.7.

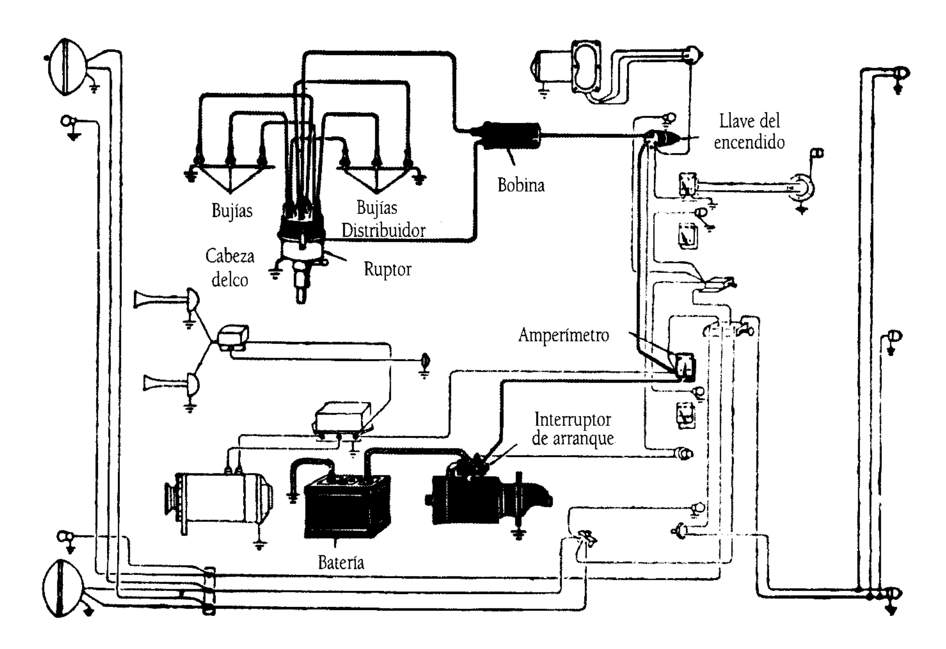
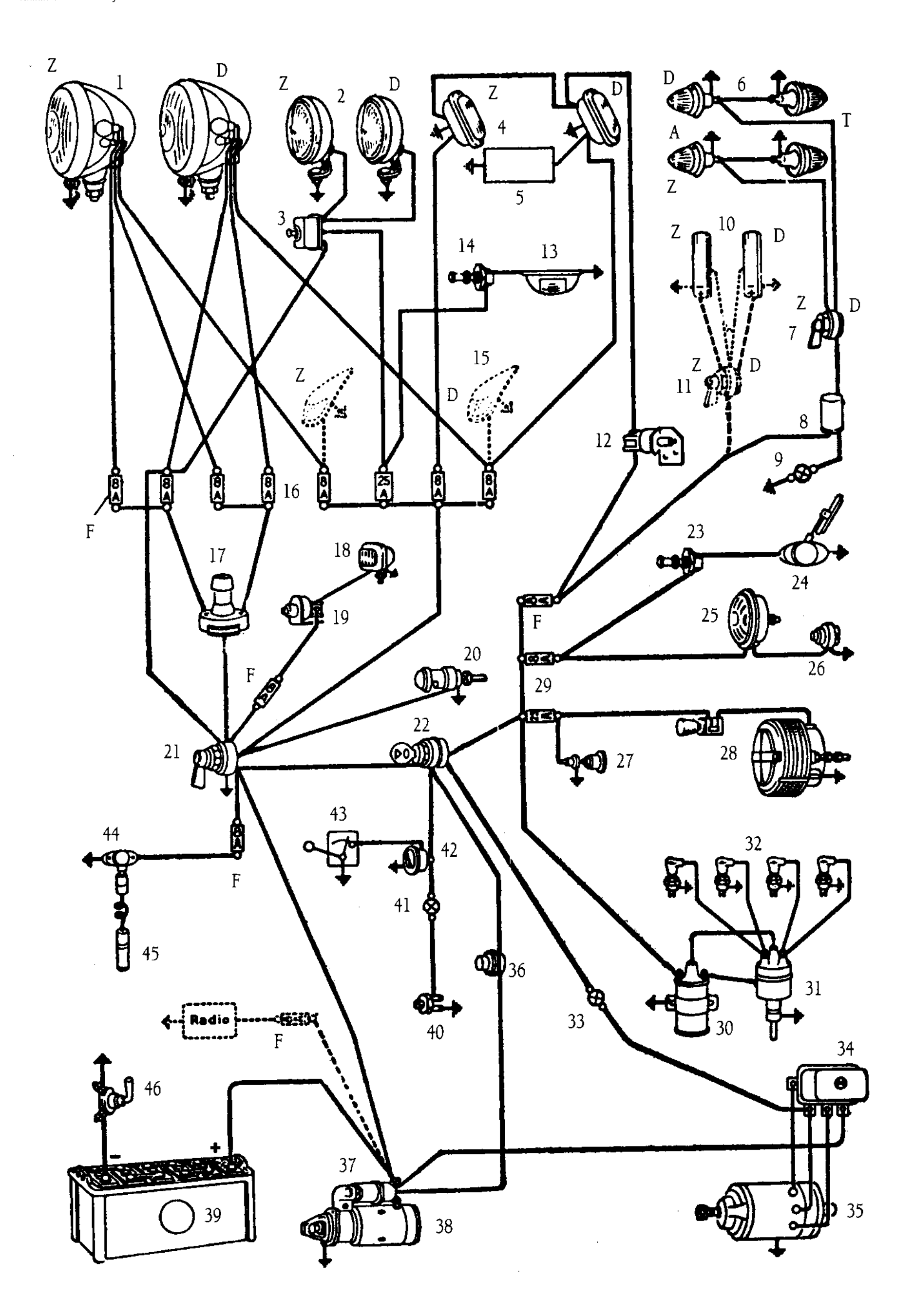


Figura 14.8.

Un esquema completo, típico europeo (Bosch), se expone en la figura 14.9, cuya leyenda detalla los componentes. En él se señalan los fusibles F de cada circuito; las letras D y Z significan derecha e izquierda, y A y T delante y detrás.

Análogas son las instalaciones de todos los automóviles, cada vez más recargadas de servicios útiles o suntuarios que obligan al empleo de generadores y baterías más perfeccionados, con uso casi general de la tensión de 12 voltios.

Los vehículos actuales incorporan las ayudas de la electrónica para resolver las necesidades básicas de gobierno del motor y elementos auxiliares. Con ello se ha conseguido simplificar mucho ciertas partes de la instalación eléctrica, en su organización y mantenimiento. No obstante la continua incorporación de nuevos equipamientos en el interior del vehículo (aire acondicionado, asientos eléctricos, cierre centralizado, elevalunas eléctrico, luneta térmica, instrumentos de control, etc.), en el exterior (faros antiniebla, retrovisores eléctricos y térmicos, techo corredizo eléctrico, etc.) y que afectan a la seguridad (ABS, airbag, alarmas sonoras, arranque codificado, limpiaparabrisas con sensor de lluvia, mando a distancia, etc.) la han complicado extraordinariamente; por ello puede entrañar alguna dificultad el intentar resolver una sencilla avería sin la ayuda de, al menos, la información proporcionada por el fabricante.



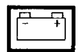
Z
1
D
Z
2
D
Z
4
D
D
6
T
A
Z
3
5
14
13
10
Z
D
Z
D
7
15
Z
D
Z
D
11
8
12
9
8A
8A
8A
8A
16
8A
25A
8A
8A
F
17
18
23
24
F
19
25
26
20
F
29
22
21
27
28
43
44
42
32
F
41
36
31
45
33
30
40
Radio
F
34
46
37
39
38
35

Figura 14.9.

1. Faros con luces de carretera y cruce y bombilla de posición.
2. Faros para niebla, con su interruptor 3.
4. Linternas traseras para las luces de posición y de frenado.
5. Placa trasera de matrícula, con su luz.
6. Luces destellantes de dirección, accionadas por el conmutador 7.
8. *Interruptor automático productor de destellos.*
9. Luz testigo en el tablero.
10. En vez de las modernas luces destellantes pueden conservarse las antiguas flechas luminosas de dirección, con su conmutador 11.
12. Interruptor para la luz de freno, accionado por el pedal.
13. Luz interior (de techo, laterales, puertas, etc.), cada una con su interruptor 14.
15. Luces en los bordes derecho e izquierdo del vehículo para señalar su anchura, cuando ésta excede de dos metros diez.
16. Grupo de ocho fusibles F para las luces de carretera, cruce, niebla, población, matrícula, gálibo, (anchura) e interiores. Obsérvese que los fusibles están colocados en forma que las luces parejas van sobre fusibles distintos, para evitar el apagón simultáneo. Cada fusible lleva marcado su límite de corriente (8 y 25 amperios).
17. Conmutador de cruce de carretera.
18. Luz para marcha atrás, con su interruptor 19 accionado por la palanca de cambio.
20. Luz o luces del tablero (instrumentos).
21. Mando general de luces. Puede estar combinado con la llave de encendido 22, que hace de interruptor general para los accesorios y luces que se usan con el motor en marcha como son las de dirección, freno, etc.
23. Interruptor para el limpiaparabrisas 24.
25. Bocina y su pulsador 26.
27. Encendedor de cigarrillo.
28. Ventilador eléctrico para impulsar el aire caliente de la calefacción, con su interruptor de una o varias velocidades.
29. *Grupo de fusibles para estos últimos accesorios.*
30. Bobina para la cabeza de delco 31 y bujías 32.
33. Luz testigo de que el generador carga la batería.
34. Regulador.
35. Generador.
36. Pulsador en el tablero para accionar el relé 37 del arrancador 38.
39. Batería de acumuladores.
40. Interruptor accionado por el aceite de engrase para la luz testigo 41 que se enciende si baja demasiado la presión.
42. Indicador de gasolina accionado por el dispositivo con flotador 43 en el depósito.
44. Enchufe para la luz portátil 45 (fusible especial).
46. Interruptor para toda la instalación, que corta la puesta a masa de la batería. Cuando existe, suele tener cerradura, como protección antirrobo del vehículo.

Se indica la posible colocación de la radio, con su fusible.

2. COMPONENTES ELÉCTRICOS



– **línea siempre alimentada (directamente conectada a la batería)**



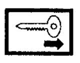
– **línea alimentada con llave en posición de "MARCHA" (primer disparo del bloqueo de encendido)**



– **línea alimentada con llave en posición de "ARRANQUE" (según el disparo del bloqueo, se desactiva desconectando la llave)**



– **línea alimentada con llave tanto en posición de "MARCHA" como de "ARRANQUE"**



– **línea alimentada con llave en posición de "APARCAMIENTO" (llave girada en sentido inverso y extraída apretando el pulsador específico)**

Figura 14.10

En la actualidad los esquemas eléctricos se realizan siguiendo el funcionamiento del circuito, para facilitar su comprensión y por tanto la solución de una avería.

La fuente de alimentación se coloca arriba, el flujo de corriente pasa por los componentes llegando a las masas, situadas en la parte baja.

La alimentación se representa de forma esquemática con símbolos distintos según la posición de la llave en el bloqueo de encendido: en la figura 14.10, se ven las distintas posiciones.

Simbología de los componentes. En las figuras 14.11 y 14.12 se representan los componentes en un circuito de instalación moderna.

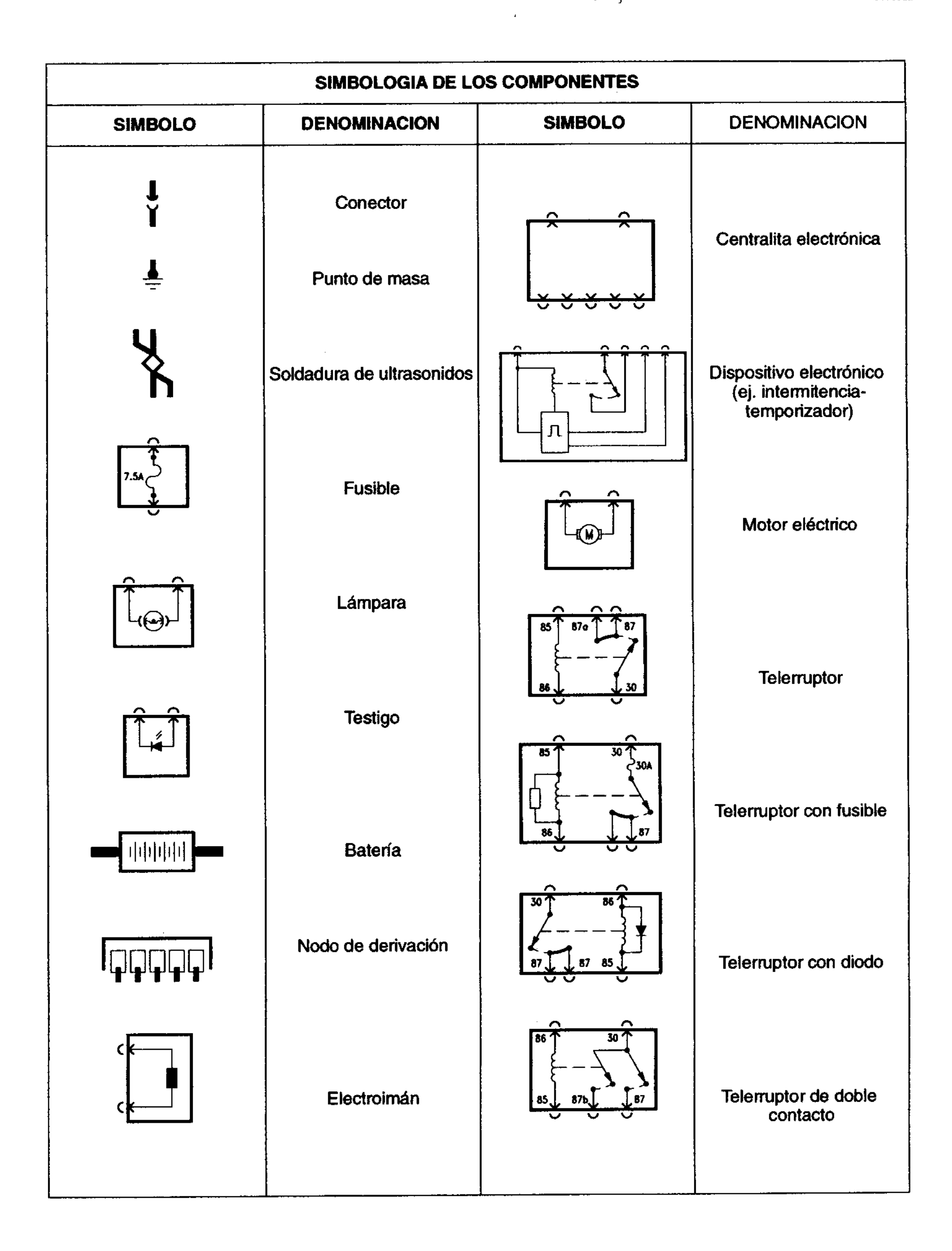
Verificaciones elementales de líneas y componentes eléctricos.- Vamos a mostrar una serie de pruebas elementales de verificación de líneas y de los componentes mas comunes presentes en la instalación eléctrica de un coche moderno.

Todas las pruebas pueden realizarse con un multímetro dotado de escala de lectura de la resistencia (óhmmetro), de la tensión (voltímetro) y de la corriente (amperímetro).

Antes de cualquier medición conviene comprobar que los terminales de contacto no tienen oxidaciones o suciedades.

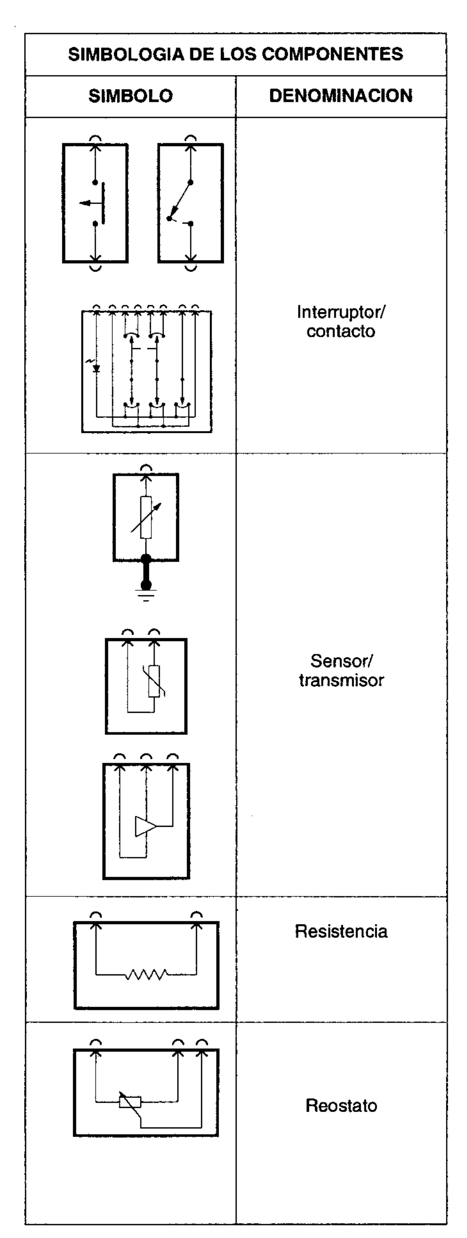
En las operaciones de diagnosis, a veces, es preciso simular un cierre de contacto o cortocircuitar un interruptor. En éstos casos se utiliza un puente; con un cable aislado al que en los extremos se le colocan unas pinzas y en la mitad de su longitud le colocamos un portafusibles, en el cual se van instalando los fusibles adecuados al circuito que queramos comprobar.

Existe el "sensor de polaridad", instrumento que mide la polaridad de la corriente eléctrica y que interesa utilizar para saber si un borne es +, entrada de corriente o -, salida de la misma.



SIMBOLOGIA DE LOS COMPONENTES			
SIMBOLO	**DENOMINACION**	**SIMBOLO**	**DENOMINACION**
	Conector		Centralita electrónica
	Punto de masa		Dispositivo electrónico (ej. intermitencia-temporizador)
	Soldadura de ultrasonidos	M	Motor eléctrico
7.5A	Fusible	85 87a 87 86 30	Telerruptor
	Lámpara	85 30 30A 86 87	Telerruptor con fusible
	Testigo	30 86 87 87 85	Telerruptor con diodo
	Batería	86 30 85 87b 87	Telerruptor de doble contacto
	Nodo de derivación		
	Electroimán		

Figura 14.11



SIMBOLOGIA DE LOS COMPONENTES	
SIMBOLO	DENOMINACION
	Interruptor/ contacto
	Sensor/ transmisor
	Resistencia
	Reostato

Figura 14.12

Pruebas a realizar

Medición de continuidad eléctrica. Antes de nada hay que desconectar de la fuente de alimentación el componente a examinar. Preparar el multímetro para medidas óhmmicas regulando la lectura a 0 ohmios, tocando entre sí las dos puntas del instrumento. figura 14.13.. Poner las puntas entre los extremos de la parte de circuito que se desee comprobar y leer el valor de la resistencia. Un valor de 0, expresa continuidad, un valor de (infinito, en signo) significa interrupción.

Medición de tensión. Para esta medición es preciso la conexión del circuito o componente a examinar a la fuente de alimentación, de acuerdo con el sistema eléctrico.

Preparar el multímetro para mediciones voltimétricas. Colocar el borne negativo a masa y tocar con el positivo en el punto donde se quiere conocer el valor de la tensión, leyendo esta tensión en la escala conveniente. figura 14.14.

Mediciones de caídas de tensión. Para esta medición la línea debe estar conectada a la fuente de alimentación, figura 14.15. Con el multímetro preparado para mediciones de voltios se toca con las puntas entre dos puntos donde se desee conocer la caída de tensión, la punta del cable positivo es la mas cercana a la fuente de la alimentación.

Verificación de un cortocircuito. Para la comprobación es preciso que el componente a examinar esté conectado a la línea de alimentación.

Preparar el multímetro en medición de voltios. Quitar el fusible del circuito interesado y desconectar la corriente. Conectar las puntas del multímetro a los terminales del fusible; el terminal positivo lo mas próximo a la fuente de alimentación. Si el voltímetro aprecia medida existe un cortocircuito a masa, cable pelado, desgastado o pellizcado. figura 14.16. Se puede realizar la misma operación con óhmmetro.

2.5RSA
CAJA
PORTAFUSIBLES
RSA
INTERRUPTOR
AMR
CENTRALIT

Figura 14.13

+
V
−
2.5RSA
CAJA
PORTAFUSIBLES
RSA
INTERRUPTOR
AMR
CENTRALIT.

Figura 14.14

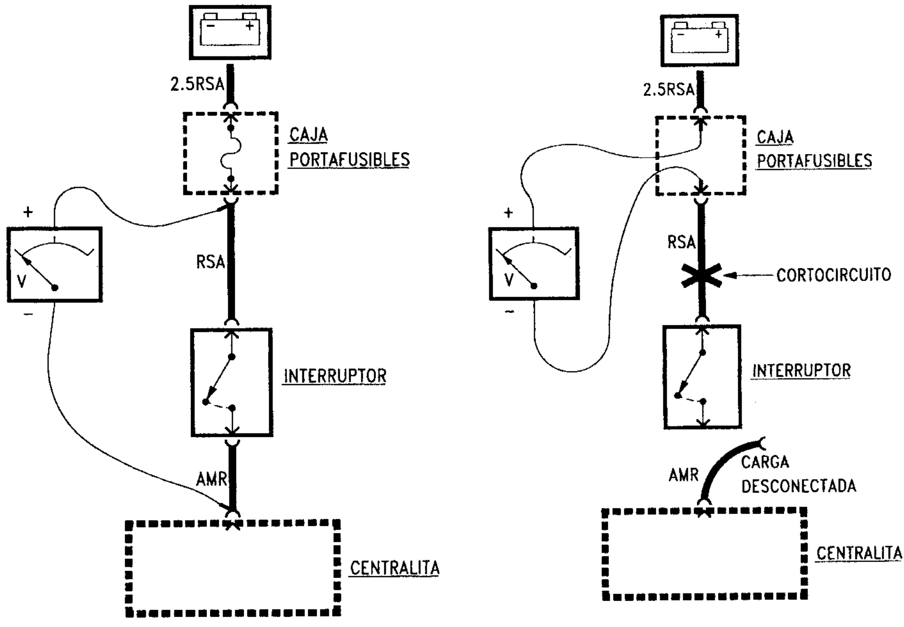


Figura 14.15

Figura 14.16

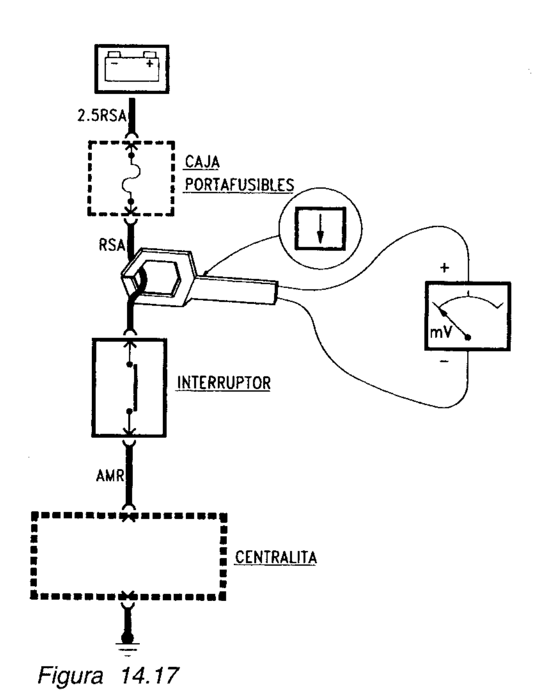


Figura 14.17

Medidas de corriente. En la figura 14.17. se puede apreciar la medida de la corriente eléctrica con una pinza amperimétrica y multímetro. Se utiliza el sistema cuando se quiere conocer el valor de la corriente eléctrica.

3. VERIFICACIÓN DE COMPONENTES

Lámparas. Las lámparas se caracterizan por dos valores: voltaje y potencia nominal. La resistencia de la lámpara es tanto menor, cuanto mayor sea su potencia. Una lámpara de faros 12V- 45W, tiene una resistencia muy inferior a una lámpara 12V- 3W, que se utiliza para testigo del cuadro.

La resistencia de la lámpara, figura 14.18, se mide conectando los terminales del multímetro preparado para mediciones óhmmicas: un valor finito de resistencia (más o menos grande, según lo indicado) indica que la lámpara funciona, mientras que un valor de resistencia (infinito con símbolo), significa que el filamento de la lámpara está interrumpido.

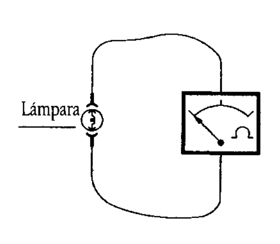


Figura 14.18

Lámparas Halógenas. Se caracterizan por llevar el bulbo de cuarzo y no de cristal; la presencia de grasa en las superficies del bulbo, a causa de la alta temperatura de funcionamiento, provoca una **desvitrificación** del cuarzo con la consiguiente pérdida de características de luminosidad de la lámpara. Debe manejarse tomándola por la parte metálica, evitando tocar con los dedos el bulbo, pero si se produce la circunstancia puede desengrasarse con alcohol o cualquier producto desengrasante.

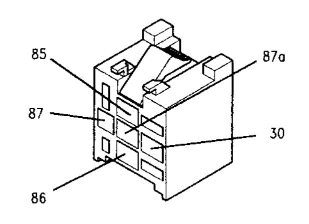
Fusibles. Antes de sustituir un fusible es preciso eliminar la causa de su destrucción. Se puede comprobar con el multímetro de la forma expresada anteriormente.

Teleruptores. Un teleruptor en su forma sencilla, está compuesto por una bobina y un contacto: cuando en los extremos de la bobina hay aplicada una tensión, el contacto o relé se cierra.

Los terminales de la bobina suelen identificarse como pin 85 y 86, mientras que los terminales del contacto o relé son el pin 30 de alimentación y el pin 87 hacia la carga

Los pin de contactos también se numeran con los números 87 y 87 a cuando se cierran a la vez los dos; 87 y 87b, cuando se cierran por separado.

Para verificar un teleruptor, figura 14.19, se conectan los pin 85 y 86 a una batería (la bobina no tiene polaridad y pueden intercambiarse) de 12 voltios. El multímetro se conecta en su función óhmmica a los bornes 30 y 87; cuando la bobina está excitada el multímetro debe leer continuidad y cuando no tiene corriente, debe leer infinito.



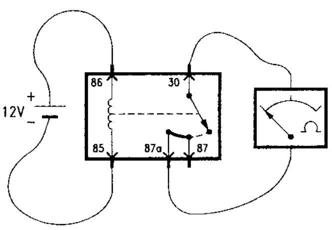
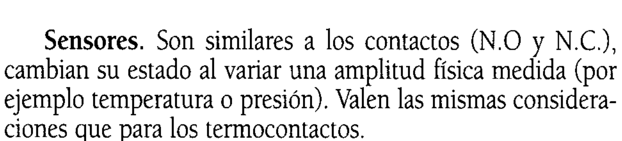


Figura 14.19

Termocontactos. Los contactores térmicos cambian su estado (circuito cerrado o abierto) al alcanzar una temperatura determinada. Hay termocontactos N.C. (normalmente cerrados) o N.O. (normalmente abiertos) en los esquemas se presentan en posición de reposo. Se verifican, figura 14.20, comprobando la resistencia con un multímetro a la temperatura de reglaje.



Sensores. Son similares a los contactos (N.O y N.C.), cambian su estado al variar una amplitud física medida (por ejemplo temperatura o presión). Valen las mismas consideraciones que para los termocontactos.

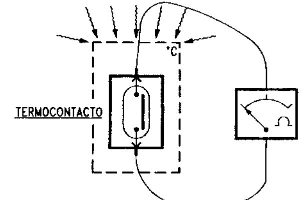


Figura 14.20

Reostatos. Son resistencias variables: cuando en los terminales principales va aplicada una tensión (12 V), la señal de salida del tercer terminal se varía a través de una acción mecánica (por ejemplo, girando una arandela de regulación).

Para comprobar su funcionamiento correcto se conecta el multímetro a uno de los terminales principales y el otro al tercer terminal, figura 14.21, actuando en la arandela de regulación la resistencia medida ha de variar de forma sensible.

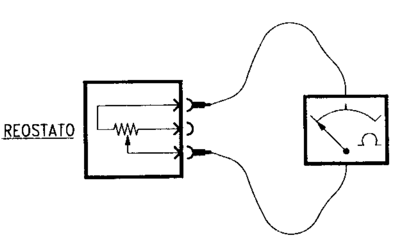


Figura 14.21

Centrales eléctricas. Las unidades de control electrónicas necesitan instrumentos especiales para regulación, suelen dotarse de una toma especial para utilizar un comprobador de diagnosis o Tester. No se puede intervenir nunca en estos componentes debiendo sustituirse por otros nuevos, si no funcionan.

5. Tabla de valores de Resistencias

Color	1.ª Cifra	2.ª Cifra	Multiplicador	Tolerancia
Negro	—	0	10^0	—
Marrón	1	1	10^1	—
Rojo	2	2	10^2	—
Naranja	3	3	10^3	—
Amarillo	4	4	10^4	—
Verde	5	5	10^5	—
Azul	6	6	10^6	—
Violeta	7	7	10^7	—
Gris	8	8	10^8	—
Blanco	9	9	10^9	—
Plata	—	—	10^{-2}	± 10 %
Oro	—	—	10^{-1}	± 5 %
Ninguno	—	—	—	± 20 %

Tabla 14.22

La tabla 14.23. representa el código de cinco anillos de colores utilizado par determinar el valor de la resistencia de las series E48 y E96.

Color	1.ª Cifra	2.ª Cifra	3.ª Cifra	Multiplicador	Tolerancia
Negro	—	0	0	10^0	—
Marrón	1	1	1	10^1	± 1 %
Rojo	2	2	2	10^2	± 2 %
Naranja	3	3	3	10^3	—
Amarillo	4	4	4	10^4	—
Verde	5	5	5	10^5	—
Azul	6	6	6	10^6	—
Violeta	7	7	7	10^7	—
Gris	8	8	8	10^8	—
Blanco	9	9	9	10^9	—
Plata	—	—	—	10^{-2}	—
Oro	—	—	—	10^{-4}	—

Tabla 14.23

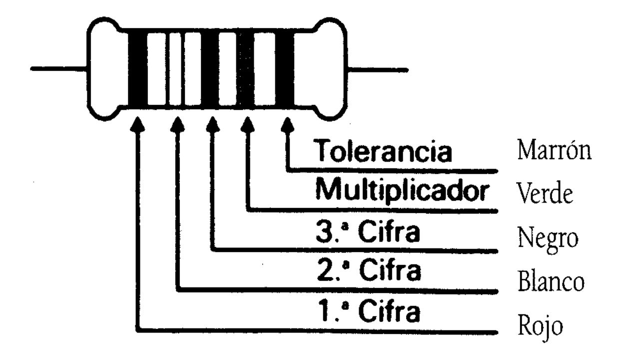


Figura 14.24

TIPO	Fabricante	Germanio-Silicio	V_R	I_F	I_{FRM}	T_j	R_{thj-a}	I_F	V_F	C_D	V_R	t_{rr}	I_F	V_R	R_L	APLICACION	CAPSULA
								a		a		desde	a	a			
			V	mA	mA	°C	°C/W	mA	V	pF	V	sec	mA	V	Ω		

Cápsula

Aplicación

1 = detector de porc
taje de modulaci
2 = aplicación lógica
3 = detector de víde
4 = estabilizador
5 = conmutación no
mal
6 = pequeña señal
7 = alta velocidad de
conmutación
8 = rectificador
9 = alta tensión
10 = aplicaciones
11 = aplicaciones en
alta frecuencia

Resistencia de carga

Tensión inversa

Corriente directa

Tiempo de recuperación en sentido inverso

Tensión inversa

Capacidad de diodo

Tensión directa

Tipo

Fabricante

At = Ates
Fe = Ferranti
Ge = General Electric
Hi = Hitachi
Ir = International Rectifier
It = Intermetall
Mo = Motorola
Ph = Philips
Rc = R.C.A.
Se = Secosem
Si = Siemens
Sl = Silec Semi-conducteurs
Te = Telefunken
Tl = Teledyne
To = Toshiba
Tx = Texas Instruments
Un = Unitrode
Wb = Westinghouse Brake and Signal

Germanio/Silicio

Tensión inversa continua

Corriente directa total (continua o media)

Corriente directa de punta repetitiva

Temperatura de unión

Resistencia térmica unión/ambiente

Corriente directa (continua o media)

Tabla 14.25

TIPO	Fabricante	Germanio-Silicio	V_R V	I_F mA	I_{FRM} mA	T_j °C	R_{thj-a} °C/W	I_F mA	a V_F V	C_D pF	a V_R V	t_{rr} sec	desde I_F mA	a V_R V	a R_L Ω	APLICACION	CAPSULA
1N 3765	Ge	S	700	35A	400A	200		35A	1,8							8	22
1N 3766	Ge	S	800	35A	400A	200		35A	1,8							8	22
1N 3767	Ge	S	900	35A	400A	200		35A	1,8							8	22
1N 3768	Ge	S	1000	35A	400A	200		35A	1,8							8	22
1N 3879	Sl	S	50	6,5A	20A	150	5	6A	1,4			200n	6A	30		8	16
1N 3880	Sl	S	100	6,5A	20A	150	5	6A	1,4			200n	6A	30		8	16
1N 3881	Sl	S	200	6,5A	20A	150	5	6A	1,4			200n	6A	30		8	16
1N 3882	Sl	S	300	6,5A	20A	150	5	6A	1,4			200n	6A	30		8	16
1N 3883	Sl	S	400	6,5A	20A	150	5	6A	1,4			200n	6A	30		8	16
1N 3889	Sl	S	50	14A	35A	150	2,5	12A	1,4			200n	12A	30		8	16
1N 3890	Sl	S	100	14A	35A	150	2,5	12A	1,4			200n	12A	30		8	16
1N 3891	Sl	S	200	14A	35A	150	2,5	12A	1,4			200n	14A	30		8	16
1N 3892	Sl	S	300	14A	35A	150	2,5	12A	1,4			200n	12A	30		8	16
1N 3893	Sl	S	400	14A	35A	150	2,5	12A	1,4			200n	12A	30		8	16
1N 3899	Sl	S	50	23,5A	90A	150		20A	1,4			200n	20A	30		8	22
1N 3900	Sl	S	100	23,5A	90A	150		20A	1,4			200n	20A	30		8	22
1N 3901	Sl	S	200	23,5A	90A	150		20A	1,4			200n	20A	30		8	22
1N 3902	Sl	S	300	23,5A	90A	150		20A	1,4			200n	20A	30		8	22
1N 3903	Sl	S	400	23,5A	90A	150		20A	1,4			200n	20A	30		8	22
1N 3909	Sl	S	50	35A	120A	150		30A	1,4			200n	30A	30		8	22
1N 3910	Sl	S	100	35A	120A	150		30A	1,4			200n	30A	30		8	22
1N 3911	Sl	S	200	35A	120A	150		30A	1,4			200n	30A	30		8	22
1N 3912	Sl	S	300	35A	120A	150		30A	1,4			200n	30A	30		8	22
1N 3913	Sl	S	400	35A	120A	150		30A	1,4			200n	30A	30		8	22
1N 4001	Si	S	50	1A	2A	175		2A	1	30						8	33
1N 4002	Sl	S	100	1A	2A	175		2A	1	30						8	33
1N 4003	Si	S	200	1A	2A	175		2A	1	30						8	33
1N 4004	Si	S	400	1A	2A	175		2A	1	30						8	33
1N 4005	Si	S	600	1A	2A	175		2A	1	30						8	33
1N 4006	Si	S	800	1A	2A	175		2A	1	30						8	33
1N 3910	Sl	S	100	35A	120A	150		30A	1,4			200n	30A	30		8	22
1N 391:	Sl	S	200	35A	120A	150		30A	1,4			200n	30A	30		8	22
1N 3912	Sl	S	300	35A	120A	150		30A	1,4			200n	30A	30		8	22
1N 3913	Sl	S	400	35A	120A	150		30A	1,4			200n	30A	30		8	22
1N 4007	Sl	S	1000	1,15	10A	150		1A	1,1							8	33
1N 4009	Ph	S	25			200	600	30	1	4	0	4n	10	1	100	7	3
1N 4044	Ge	S	50	275A	5000A	190		275A	1,35							8	26
1N 4045	Ge	S	100	275A	5000A	190		275A	1,35							8	26
1N 4046	Ge	S	150	275A	5000A	190		275A	1,35							8	26
1N 4047	Ge	S	200	275A	5000A	190		275A	1,35							8	26
1N 4048	Ge	S	250	275A	5000A	190		275A	1,35							8	26
1N 4049	Ge	S	300	275A	5000A	190		275A	1,35							8	26
1N 4050	Ge	S	400	275A	5000A	190		275A	1,35							8	26
1N 4148	Ph	S	75	75	225	200		20	1	4	0	4n	10	6	100	7	3
1N 4149	Ph	S	75	150	450	200		10	1	2	0	4n	10	6	100	7	27
1N 4150	Ph	S	50	300	600	200		50	0,8	2,5	0					7	3
1N 4151	Ph	S	50	200	450	200		50	1	2	0	2n	10	6	100	7	3
1N 4152	Ge	S	30	150	450	200		20	0,8	2	0	2n	10	6	100	7	27
1N 4153	Ge	S	50	150	450	200		20	0,8	2	0	2n	10	6	100	7	27
1N 4154	Ph	S	25	200	450	200		30	1	4	0	2n	10	6	100	7	3
1N 4156	Ge	S	20			200		10	1,4	25	0					2	27
1N 4157	Ge	S	20			200		10	2,2	20	0					2	27
1N 4245	Ge	S	200	2,5A	25A	160		1A	1,2			2,5µ				8	50
1N 4246	Ge	S	400	2,5A	25A	160		1A	1,2			2,5µ				8	50
1N 4247	Ge	S	600	2,5A	25A	160		1A	1,2			2,5µ				8	50

amarillo pardo verde negro

3 27 16 33 50 22 26

Tabla 14.26

DATOS DE TRANSISTORES

INTRODUCCION

Este Manual de transistores es una fuente axhaustiva de información técnica referente a la mayoría de los transistores europeos, americanos y japoneses, relacionados en orden alfanumérico.
Al final de cade página se da un resumen de las cápsulas de los transistores.

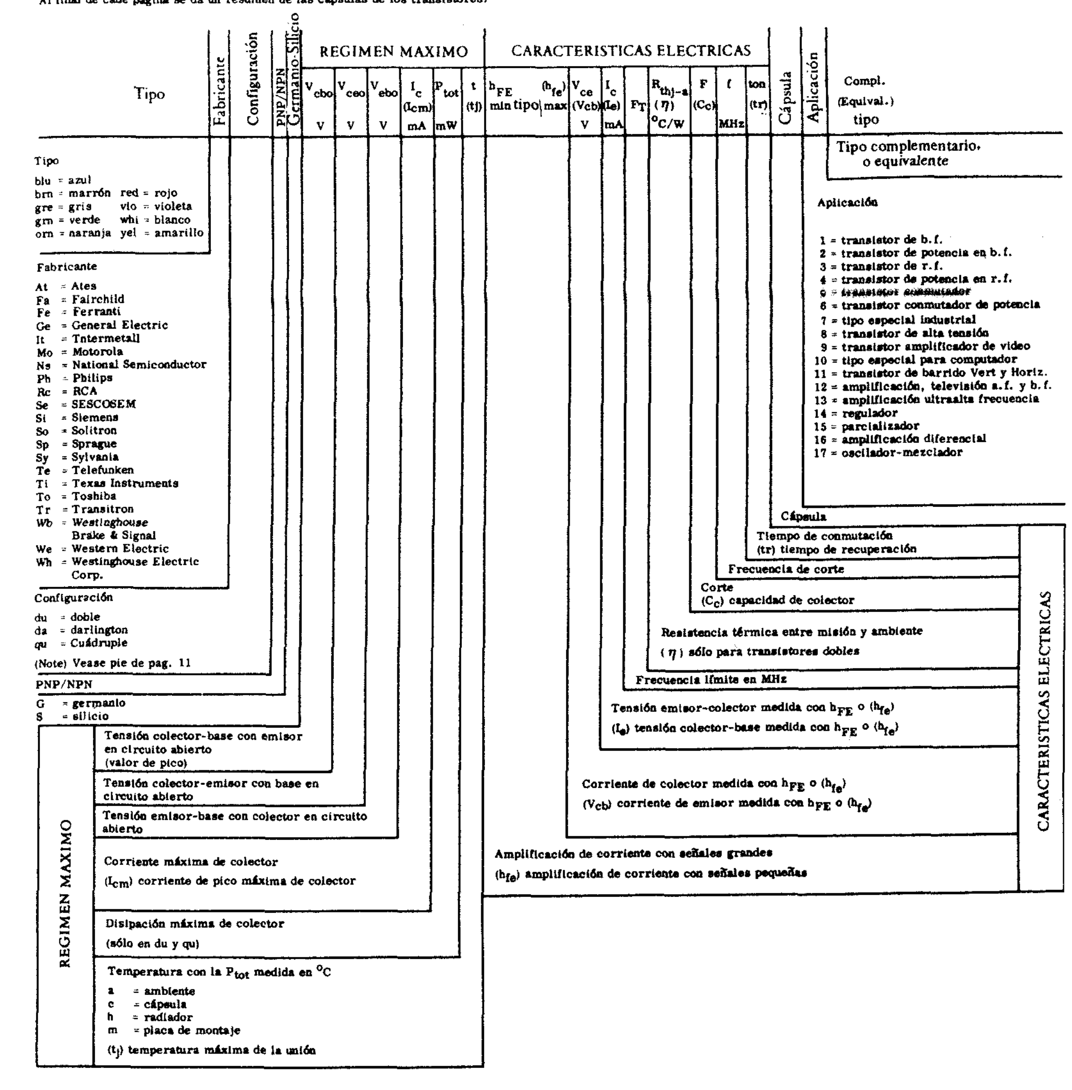
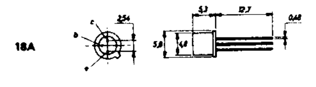


Tabla 14.27

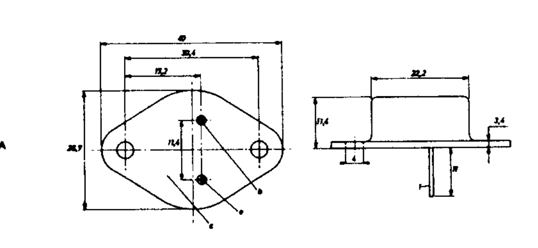
Transistores

Tipo	Fabricante	Configuración	PNP/NPN	Germanio-Silicio	REGIMEN MAXIMO V_{cbo} V	V_{ceo} V	V_{ebo} V	I_c (I_{cm}) mA	P_{tot} mW	t (tj)	CARACTERISTICAS ELECTRICAS h_{FE} min	tipo	(h_{fe}) max	V_{ce} (V_{cb}) V	I_c (I_e) mA	F_T	R_{thj-a} (η) °C/W	F (C_c)	f MHz	ton (tr)	Cápsula	Aplicación	Tipo complementario o equivalente
B 170008	So		N	S	100	100	8	15A				12		4	5A		45				3A	2	
B 170009	So		N	S	50	40	8	15A				30		4	1A		45				3A	2	
B 170010	So		N	S	50	40	8	15A				20		4	3A		45				3A	2	
B 170011	So		N	S	50	40	8	15A				12		4	5A		45				3A	2	
B 170012	So		N	S	80	70	8	15A				30		4	1A		45				3A	2	
B 170013	So		N	S	80	70	8	15A				20		4	3A		45				3A	2	
B 170014	So		N	S	80	70	8	15A				12		4	5A		45				3A	2	
B 170015	So		N	S	100	100	8	15A				30		4	1A		45				3A	2	
B 170016	So		N	S	100	100	8	15A				20		4	1A		45				3A	2	
B 170017	So		N	S	100	100	8	15A				12		4	5A		45				3A	2	
B 170018	So		N	S	50	40	8	15A				30		4	1A		45				3A	2	
B 170019	So		N	S	50	40	8	15A				20		4	3A		45				3A	2	
B 170020	So		N	S	50	40	8	15A				12		4	5A		45				3A	2	
B 170021	So		N	S	80	70	8	15A				30		4	1A		45				3A	2	
B 170022	So		N	S	80	70	8	15A				20		4	3A		45				3A	2	
B 170023	So		N	S	80	70	8	15A				12		4	1A		45				3A	2	
B 170024	So		N	S	100	100	8	15A				30		4	1A		45				3A	2	
B 170025	So		N	S	100	100	8	15A				20		4	3A		45				3A	2	
B 170026	So		N	S	100	100	8	15A				12		4	5A		45				3A	2	
B 176000	So		N	S	250	200	5	5A				25		5	100		45				3A	2	
B 176001	So		N	S	250	200	5	5A				20		5	500		45				3A	2	
B 176002	So		N	S	250	200	5	5A				10		5	1,5A		45				3A	2	
B 176003	So		N	S	250	200	5	5A				10		5	2,5A		45				3A	2	
B 176004	So		N	S	400	325	5	5A				25		5	100		45				3A	2	
B 176005	So		N	S	400	325	5	5A				20		5	500		45				3A	2	
B 176006	So		N	S	400	325	5	5A				10		5	1,5A		45				3A	2	
B 176007	So		N	S	400	325	5	5A				10		5	2,5A		45				3A	2	
B 176008	So		N	S	550	325	5	5A				25		5	100		45				3A	2	
B 176009	So		N	S	550	325	5	5A				20		5	500		45				3A	2	
B 176010	So		N	S	550	325	5	5A				10		5	1,5A		45				3A	2	
B 176011	So		N	S	550	325	5	5A				10		5	2,5A		45				3A	2	
B 176012	So		N	S	650	325	5	5A				25		5	100		45				3A	2	
B 176013	So		N	S	650	325	5	5A				20		5	500		45				3A	2	
B 176014	So		N	S	650	325	5	5A				10		5	1,5A		45				3A	2	
B 176015	So		N	S	650	325	5	5A				10		5	2,5A		45				3A	2	
B 176024	So		N	S	400	325	5	5A				10		5	1,5A		45				3A	2	
B 176025	So		N	S	400	325	5	5A				10		5	2,5A		45				3A	2	
B 176026	So		N	S	550	325	5	5A				10		5	1,5A		45				3A	2	
B 176027	So		N	S	550	325	5	5A				10		5	2,5A		45				3A	2	
B 176028	So		N	S	860	325	5	5A				10		5	1,5A		45				3A	2	
B 176029	So		N	S	650	325	5	5A				10		5	2,5A		45				3A	2	
B 176030	So		N	S	800	500	5	5A				10		5	3A		45				3A	2	
BC 107	Ph		N	S	50	45	6	100	300	(175)	(125		500)	5	2	300	500				18A	1, 3	
BC 107A	Ph		N	S	50	45	6	100	300	25a		180		5	2	300	500	<10	1k		18A	1	BC 177
BC 107B	Ph		N	S	50	45	6	100	300	25a	200	290	450	5	2	300	500	<10	1k		18A	1	
BC 108	Ph		N	S	30	20	5	100	300	(175)	(125		900)	5	2	300	500				18A	1, 3	
BC 108A	Ph		N	S	30	20	5	100	300	25a	110	180	220	5	2	300	500	<10	1k		18A	1	BC 178A
BC 108B	Ph		N	S	30	20	5	100	300	25a	200	290	450	5	2	300	500	<10	1k		18A	1	BC 178B
BC 108C	Ph		N	S	30	20	5	100	300	25a	420	520	800	5	2	300	500	<10	1k		18A	1	
BC 109	Ph		N	S	30	20	5	100	300	(175)	(24		900)	5	2	300	500				18A	1. 3	
BC 109B	Ph		N	S	30	20	5	100	300	25a	200	290	450	5	2	300	500	<10	1k		18A	1	BC 179B
BC 109C	Ph		N	S	30	20	5	100	300	25a	420	520	800	5	2	300	500	<10	1k		18A	1	
BC 110	Te		N	S	80	80	8	50	300	(175)		90		5	2	100	500				18A	1	
BC 113	Ns		N	S	30	25	6	25			200		1000	10	1						105B	1	
BC 114	Ns		N	S	30	25	6	25			200		1000	10	1	60					105B	1	

18A



3A



105B

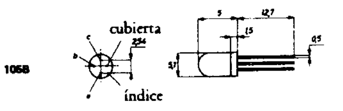
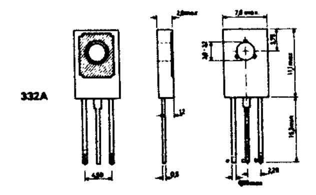


Tabla 14.28

Transistores

Tipo	Fabricante	Configuración	PNP/NPN	Germanio-Silicio	REGIMEN MAXIMO V_{cbo} V	V_{ceo} V	V_{ebo} V	I_c (I_{cm}) mA	P_{tot} mW	t (tj)	CARACTERISTICAS ELECTRICAS h_{FE} min	tipo	(h_{fe}) max	V_{ce} (V_{cb}) V	I_c (I_e) mA	F_T	R_{thj-a} (η) °C/W	F (C_c)	f MHz	ton (tr)	Cápsula	Aplicación	Tipo complementario o equivalente
BD 227	Ph		P	S	45	45	5	1,5A	12,5W	62m	40		250	2	150	50	100				332 A	2	BD 226
BD 228	Ph		N	S	60	60	5	1,5A	12,5W	62m	40		160	2	150	125	100				332 A	2	BD 229
BD 229	Ph		P	S	60	60	5	1,5A	12,5W	62m	40		160	2	150	50	100				332 A	2	BD 228
BD 230	Ph		N	S	100	80	5	1,5A	12,5W	62m	40		160	2	150	125	100				332 A	2	BD 231
BD 231	Ph		P	S	100	80	5	1,5A	12,5W	62m	40		160	2	150	50	100				332 A	2	BD 230
BD 232	Ph		N	S		300	5	250	7W	62m	25		150	5	50	20	100				332 A	9	
BD 233	Ph		N	S	45	45	5	2A	25W	25m	40		250	2	150	>3	100				332 A	2	BD 234
BD 233-6	Si		N	S	45	45	5	2A	25W	25c	40	63	100	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 234-6
BD 233-10	Si		N	S	45	45	5	2A	25W	25c	63	100	160	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 234-10
BD 233-16	Si		N	S	45	45	5	2A	25W	25c	100	160	250	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 234-16
BD 234	Ph		P	S	45	45	5	2A	25W	25m	40		250	2	150	>3	100				332 A	2	BD 233
BD 234-6	Si		P	S	45	45	5	2A	25W	25c	40	63	100	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 233-6
BD 234-10	Si		P	S	45	45	5	2A	25W	25c	63	100	160	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 233-10
BD 234-16	Si		P	S	45	45	5	2A	25W	25c	100	160	250	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 233-16
BD 235	Ph		N	S	60	60	5	2A	25W	25m	40		250	2	150	>3	100				332 A	2	BD 236
BD 235-6	Si		N	S	60	60	5	2A	25W	25c	40	63	100	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 236-6
BD 235-10	Si		N	S	60	60	5	2A	25W	25c	63	100	160	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 236-10
BD 235-16	Si		N	S	60	60	5	2A	25W	25c	100	160	250	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 236-16
BD 236	Ph		P	S	60	60	5	2A	25W	25m	40		250	2	150	>3	100				332 A	2	BD 235
BD 236-6	Si		P	S	60	60	5	2A	25W	25c	40	63	100	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 235-6
BD 236-10	Si		P	S	60	60	5	2A	25W	25c	63	100	160	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 235-10
BD 236-16	Si		P	S	60	60	5	2A	25W	25c	100	160	250	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 235-16
BD 237	Ph		N	S	100	80	5	2A	25W	25m	40		250	2	150	>3	100				332 A	2	BD 238
BD 237-6	Si		N	S	100	80	5	2A	25W	25c	40	63	100	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 238-6
BD 237-10	Si		N	S	100	80	5	2A	25W	25c	63	100	160	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 238-10
BD 238	Ph		P	S	100	80	5	2A	25W	25m	40		250	2	150	>3	100				332 A	2	BD 237
BD 238-6	Si		P	S	100	80	5	2A	25W	25c	40	63	100	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 237-6
BD 238-10	Si		P	S	100	80	5	2A	25W	25c	63	100	160	2	150	>3		(60p)			332 A	2	BD 237-10
BD 239	Ti		N	S		45		2A	30W		40				200						666 A	2	
BD 239A	Ti		N	S		60		2A	30W		40				200						666 A	2	
BD 239B	Ti		N	S		80		2A	30W		15				1A						666 A	2	
BD 239C	Ti		N	S		100		2A	30W		15				1A						666 A	2	
BD 240	Ti		P	S		45		2A	30W		40				200						666 A	2	
BD 240A	Ti		P	S		60		2A	30W		40				200						666 A	2	
BD 240B	Ti		P	S		80		2A	30W		15				1A						666 A	2	
BD 240C	Ti		P	S		100		2A	30W		15				1A						666 A	2	
BD 241	Ti		N	S		45		3A	40W		25				1A						666 A	2,6	
BD 241A	Ti		N	S		60		3A	40W		25				1A						666 A	2,6	
BD 241B	Ti		N	S		80		3A	40W		10				3A						666 A	2,6	
BD 241C	Ti		N	S		100		3A	40W		10				3A						666 A	2,6	
BD 242	Ti		P	S		45		3A	40W		25				1A						666 A	2,6	
BD 242A	Ti		P	S		60		3A	40W		25				1A						666 A	2,6	
BD 242B	Ti		P	S		80		3A	40W		10				3A						666 A	2,6	
BD 242C	Ti		P	S		100		3A	40W		10				3A						666 A	2,6	
BD 243	Ti		N	S		45		6A	65W		30				300						666 A	2,6	
BD 243A	Ti		N	S		60		6A	65W		30				300						666 A	2,6	
BD 243B	Ti		N	S		80		6A	65W		15				3A						666 A	2,6	
BD 243C	Ti		N	S		100		6A	65W		15				3A						666 A	2,6	
BD 244	Ti		P	S		45		6A	65W		30				300						666 A	2,6	
BD 244A	Ti		P	S		60		6A	65W		30				300						666 A	2,6	



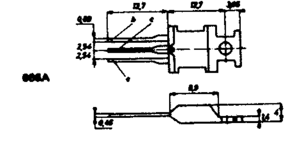


Tabla 14.29

Transistores

Tipo	Fabricante	Configuración	PNP/NPN	Germanio-Silicio	REGIMEN MAXIMO V_{cbo} V	V_{ceo} V	V_{ebo} V	I_c (I_{cm}) mA	P_{tot} mW	t (tj)	CARACTERISTICAS ELECTRICAS h_{FE} min	tipo	(h_{fe}) max	V_{ce} (V_{cb}) V	I_c (I_e) mA	F_T	R_{thj-a} (η) °C/W	F (C_c)	f MHz	ton (tr)	Cápsula	Aplicación	Tipo complementario o equivalente
2N 3855A	Sp		N	S	30	30			200	(150)	60		120		2	130						3	
2N 3856	Sp		N	S	18	18			200	(150)	100		200		2	140						3	
2N 3856A	Sp		N	S	30	30			200	(150)	100		200		2	140						3	
2N 3857	Ns		P	S	45	45			600	(200)	50		200		1	4						1	
2N 3858	Sp		N	S	30	30			200	(125)	60		120		2	90						3	
2N 3858A	Sp		N	S	60	60			200	(100)		>45			1	90						3	
2N 3859	Sp		N	S	30	30			200	(125)	100		200		2	90						3	
2N 3859A	Sp		N	S	60	60			200	(100)		>75			1	90						1	
2N 3860	Sp		N	S	30	30			200	(125)	150		300		2	90						3	
2N 3861			N	S	530	530			2W	(175)	30		200		25	50						2	
2N 3862	Tr		N	S	50	20			360	(200)	50		150		10	600						5	
2N 3863	So		N	S	70	50	7	15A	117W	(200)	30		60	2	3A	0,5	45				3A	6	
2N 3864	So		N	S	110	90	7	15A	117W	(200)	30		90	2	3A	0,5	45				3A	6	
2N 3865			N	S	160	150			117W	(200)	30		90		3A	0,5						6	
2N 3866	Ph		N	S	55	30	3,5	400	5W	25m	10		200	5	50	700	200	(<3p)			39A	4	
2N 3867			P	S	40	40			1W	(200)	40		200		1,5A	60						6	
2N 3868			P	S	60	60			1W	(200)	30		150		1,5A	60						6	
2N 3969			N	S	40	20			2,5W	(175)	20		150		30	400						4	
2N 3876			N	S	140	50			150W	(175)	25		150		10A	50						2	
2N 3877	Ge		N	S	70	70	4	50	200	(125)	20		250	4,5	2	160					98A	1	
2N 3878	Rc		N	S	120	50	7	7A	35W	(200)	40		200	5	500	40					309A	3	
2N 3879	Rc		N	S	120	75	7	7A	35W	(200)	20		80	5	4A	40					309A	6	
2N 3880			N	S	30	15			200	(200)	30		200		3	1200						3	
2N 3881			N	S	60	35			600	(200)		(>50)				70						3	
2N 3883	Mo		P	G	25	15	3	300	300	(100)		>30		1	200	300					5A	5	
2N 3900	Sp		N	S	18	18			200	(125)	250		500		2							1	
2N 3900A	Sp		N	S	18	18			200	(125)	250		500		2							1	
2N 3901	Ge		N	S	18	18	5	100	360	(125)	350		700	4,5	2	200					98A	1	
2N 3902	Ti		N	S	400	400	5	1A	100W	(150)	20		100	5	1A		31				3A	6	
2N 3903	Ti		N	S	60	40	6	200	310	25a	50		150	1	10	>250				(35n)	92E	1,5	2N 3905
2N 3904	Ti		N	S	60	40	6	200	310	25a	100		300	1	10	>300				(35n)	92E	1,5	2N 3906
2N 3905	Ti		P	S	40	40	5	200	310	25a	50		150	1	10	>200				(35n)	92E	1,5	2N 3903
2N 3906	Ti		P	S	40	40	5	200	310	25a	100		300	1	10	>250				(35n)	92E	1,5	2N 3904
2N 3907	Ns		N	S	60	45			300	(200)	60		300			60							
2N 3908	Ns		N	S	60	60			300	(200)	100		500			60							
2N 3910			P	S	60	50			500	(200)	40		160		1	4						5,15	
2N 3911			P	S	60	40			500	(200)	60		240		1	8						5,15	
2N 3912			P	S	60	30			500	(200)		>90			1	10						5,15	
2N 3913			P	S	60	50			400	(200)	40		160		1	4						5,15	
2N 3914	Tr		P	S	60	40			400	(200)	60		240		1	8						5,15	
2N 3915			P	S	60	30			400	(200)		>90			1	10						5,15	
2N 3916			N	S	150	150			5W	(150)	40		200		150	50						2	
2N 3917			N	S	80	40			20W	(150)	30		120		1A	50						2	
2N 3918			N	S	80	40			20W	(150)	100		300		1A	50						2	
2N 3919			N	S	120	60			15W	(150)	40		120		2A	80						6	

3A

5A

39A

92E

98A

escala 3:1

309A

el colector está conectado a la cápsula

Tabla 14.30

SEGUNDA PARTE
EL CHASIS

EL CHASIS

Estudiado el motor en la Primera Parte de este libro, se agrupa bajo la denominación de *chasis* el resto de los elementos y mecanismos que completan el automóvil (a excepción de la carrocería) y que, en líneas generales son:

- La *transmisión* del esfuerzo de giro del volante motor hasta las ruedas motrices.
- El *bastidor*, estructura metálica a la que se fijan todos los órganos, bien de *chasis* separado o *monocasco-autoportante.*
- La *suspensión*, enlace elástico entre el bastidor, con su carrocería, y las ruedas apoyadas sobre el piso.
- La *dirección*, formada por el conjunto de elementos y mecanismos para conseguir que el automóvil circule correctamente, según la trayectoria deseada.
- Los *frenos*, encargados de disminuir la velocidad o detener el vehículo.
- Las *ruedas*, cuya rotación forzada por el motor a través de la transmisión, y por su frotamiento con el suelo, produce el desplazamiento del vehículo.

Todos estos elementos fueron reseñados en la Introducción al exponer el conjunto del automóvil, especificándose los componentes de la transmisión, cuyos elementos varían según sea el motor delantero o trasero y cuales sean las ruedas motrices.

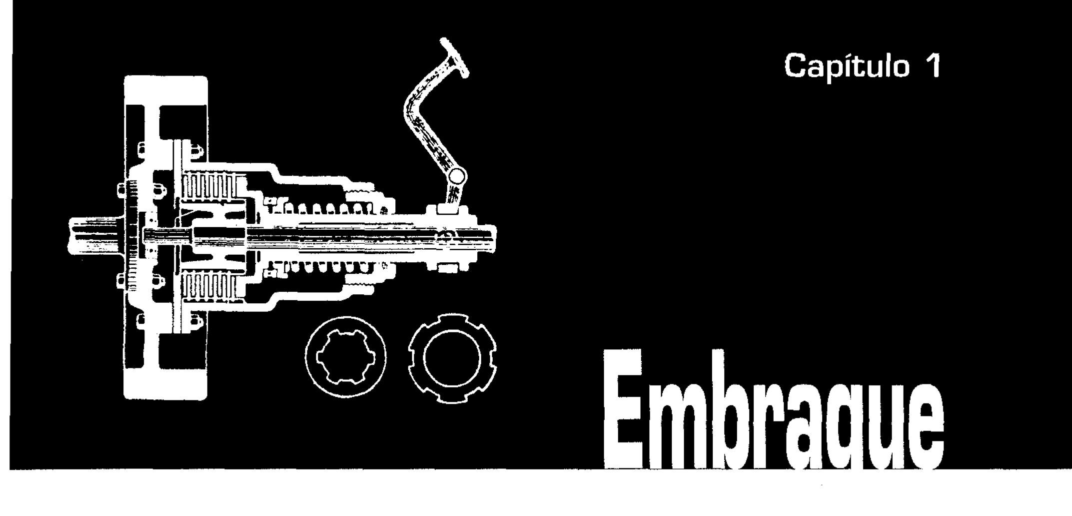
En el caso de motor delantero y ruedas motrices traseras, los elementos de transmisión son:

- *Embrague*, que acopla o desacopla el motor a la caja de cambios.
- *Caja de cambios*, cuya función es aprovechar al máximo la potencia del motor, adaptando éste a las necesidades de la marcha según convenga, de forma que lo que se gana en fuerza se pierde en velocidad, y al revés.
- *Árbol de transmisión*, transmite el movimiento desde la caja de cambios al mecanismo *cónico-diferencial* del eje motriz.
- *Mecanismo cónico-diferencial*, que transforma el giro longitudinal del árbol, según el eje del vehículo, en giratorio transversal de los *semiejes o palieres*, desmultiplicando el del árbol de forma constante y multiplicando, por tanto, la fuerza en los palieres. El mecanismo diferencial permite que una rueda gire más que otra, de forma que en una curva la exterior no resulte arrastrada.

En el caso de que el motor vaya situado en la misma posición que las ruedas motrices, ambos delanteros o traseros, se suprime el árbol de transmisión; el diferencial se acopla directamente a la caja de cambios.

Propulsión, es la transmisión de la reacción-movimiento de las ruedas con el piso al vehículo (bastidor o monocasco). En los de tipo bastidor el empuje se realiza desde los ejes a los largueros o travesaños por las uniones fijas de las ballestas y barras o bielas de empuje. En los de tipo monocasco que no llevan ballestas, el empuje se realiza por las barras o bielas de empuje.

Tipos de transmisión. Cuando las ruedas motrices son las traseras se denomina *propulsión*. Si lo son las delanteras, *tracción*; y si lo son tanto las delanteras como las traseras, *tracción, propulsión* o *transmisión total.* (En este caso hay dos árboles de transmisión; la caja de cambios tendrá dos salidas o irá una *caja de transferencia*, de donde saldrán los dos árboles de transmisión a los dos ejes motrices.



1. MISIÓN

En cualquiera de las aplicaciones del motor de combustión, de explosión o diesel, es preciso interponer entre el motor y la transmisión un *embrague*, cuya misión es la de acoplar y separar ambos a voluntad.

Si se pretende iniciar el movimiento de un vehículo sin disponer de embrague para que pueda girar libremente el motor, no se puede lograr, pues éste, hasta que no alcanza un cierto número de revoluciones no adquiere el "par" necesario para vencer la inercia del vehículo y, por otro lado, una vez alcanzado el par motor necesario, el motor no puede acoplarse bruscamente a los órganos de transmisión del movimiento que, al estar parados, ofrecen gran resistencia. Es necesario un órgano, el embrague, capaz de resbalar en los momentos iniciales del acoplamiento y realizar éste de forma progresiva.

En los vehículos dotados de cajas de velocidades con engranajes, es preciso desacoplar el motor de las ruedas motrices para conseguir ponerlo en marcha, lo mismo que para efectuar los distintos cambios de velocidad, en que ha de separarse momentáneamente el árbol motor del árbol primario para suprimir las presiones ejercidas por los dientes de los piñones, que engranan en ése momento.

El embrague, colocado en prolongación del cigüeñal, está intercalado entre el motor y la caja de velocidades, a quienes separa o acopla según se pise o no el pedal que el conductor manda con su pie izquierdo. Normalmente el motor está "embragado" y su rotación llega al cambio de marchas haciendo solidario el eje primario de éste, del giro del cigüeñal; cuando el conductor pisa el pedal, el motor queda desembragado y su giro no se comunica a la transmisión.

A la salida del embrague, el giro del motor pasa a la caja de cambios donde unos engranajes lo transmiten hacia las ruedas, bien en su totalidad o desmultiplicado, o bien queda cortado en ella, según la posición que ocupe la palanca del cambio que manda los citados engranajes. Para maniobrar estos es necesario desembragar el motor, y el principal objeto del embrague es atender esta necesidad, es decir, que casi es un órgano auxiliar para el manejo de la caja de velocidades.

2. TIPOS DE EMBRAGUES

Con carácter general, los embragues pueden clasificarse en:

- *De disco, o fricción*: monodisco, de muelles o de diafragma; multidisco, en baño de aceite o en seco; automático (mecánico) y semiautomático.

- *Hidráulico* (automático).
- *Magnético.*

Los embragues no automáticos, por su accionamiento, pueden ser de tres sistemas de mando: mecánico, hidráulico y neumático.

2.1 Embrague de disco

Es el usado en la mayoría de los automóviles, y su esquema (Fig. 1.1) es el siguiente: El volante V lleva varios espárragos M, con resortes repartidos por su alrededor, o un solo resorte central, que aprietan contra aquél al plato conductor C que termina en el collar L, también llamado "collarín", y va montado loco sobre el eje del cambio E. Entre el volante y el plato C queda oprimido el disco conducido D, deslizante sobre el eje E por medio de ranuras, de modo que el giro del motor es comunicado a E. En la figura 1.2 se ve como el disco va montado sobre el mandril G, que puede desplazarse a lo largo de las ranuras L del eje primario E; éste termina en la espiga T, que le sirve para apoyarse en un cojinete de bolas centrado sobre el eje del volante, según puede verse en J (Fig. 1.1).

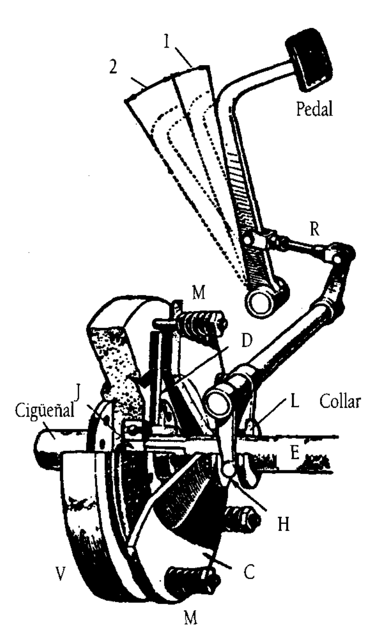


Figura 1.1.

Cuando se pisa el pedal del embrague hay siempre una parte de recorrido 1 en la cual no hay actuación (recorrido de seguridad); en la segunda parte 2, el pedal, por medio de la varilla regulable R, gira el eje terminado por la horquilla H que abraza el collar L, de modo que al pisar el pedal, la horquilla tira del collar y plato C, venciendo la acción de los resortes M: el disco D queda libre y la transmisión desembragada del motor, cuya rotación se queda en el volante.

En la figura se ve que la varilla R lleva una tuerca de regulación para alargarla o acortarla, y con ello la posición del pedal del embrague; y que la fuerza de los muelles de embrague M puede graduarse (siendo iguales entre sí las de todos ellos) por medio de tuercas de apriete.

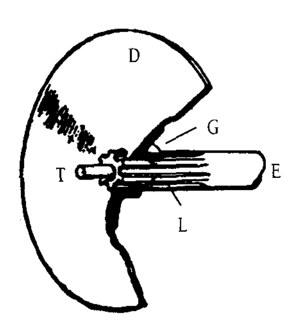


Figura 1.2.

El disco de embrague D, en las operaciones de embrague, resbala frotando unos momentos entre la cara del volante y el platillo conductor C a causa de las diferentes velocidades del órgano conductor y el eje conducido; y como debe quedar fuertemente sujeto, sin resbalamiento posible una vez embragado, su superficie debe ser rugosa y adherente, ya que por ella se transmite todo el par o esfuerzo del motor. Por ambas razones, el disco metálico se reviste por sus dos caras con los forros visibles en la figura, que generalmente eran de un tejido prensado de amianto, a veces sobre armazón de hilo de cobre (este tejido, que también se aplica a los frenos, se conoce vulgarmente con el nombre de "ferodo", aunque ésta palabra es una marca de fábrica, registrada), sustituidos en la actualidad por compuestos esencialmente de fibra de vidrio, de mayor resistencia mecánica y mayor estabilidad térmica.

En el momento de embragar, por ejemplo cuando se arranca el vehículo aplicando el giro del motor a las ruedas inmóviles, conviene que el acoplamiento sea progresivo, para que no peligre de calarse el motor ni la arrancada se haga bruscamente, a saltos. La progresividad del embrague se consigue dando flexibilidad al acoplamiento en dos sitios del disco conducido: uno es su centro (Fig. 1.3), que se corta en dos partes: la N pertenece al mandril deslizante M, y la exterior D, que lleva los forros F, va loca sobre dicho mandril; además se coloca al otro lado una tercera arandela O para sujeción. En ventanas practicadas sobre las tres placas se alojan los resortes P, de modo que cuando el disco D es arrastrado por la presión entre el volante V y el plato C, su giro se comunica a N, comprimiendo dichos resortes, que hacen elástica la transmisión. Los muelles P se mantienen en su sitio con un aro de alambre pasante, como puede verse en la figura 1.5. Esta disposición es muy usada actualmente; en algunos casos se sustituyen los resortes P con caucho moldeado.

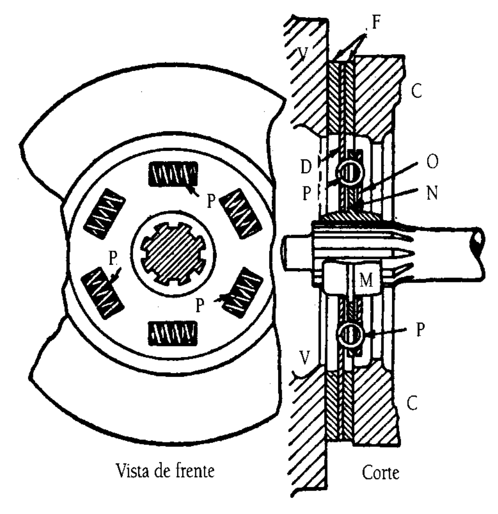


Figura 1.3.

El otro sitio donde se inserta un dispositivo de amortiguación es en el montaje de los forros (Fig. 1.4), para lo cual el disco, que es de acero elástico, tiene el borde seccionado, inclinándose los dientes D alternadamente a uno y otro lado; los forros F, con el aro y soporte que se ve en la figura o sin él, se sujetan por medio de remaches R embutidos en el tejido y que encajan en las muescas K. Al ser oprimido el disco entre el plato de apriete y el volante, el embrague resulta progresivo por la acción de muelle que ofrecen los dientes ligeramente inclinados D. Otras veces el disco lleva esos dientes un poco combados (Fig. 1.5), o incluso se disponen pequeños resortes planos para obtener el mismo efecto.

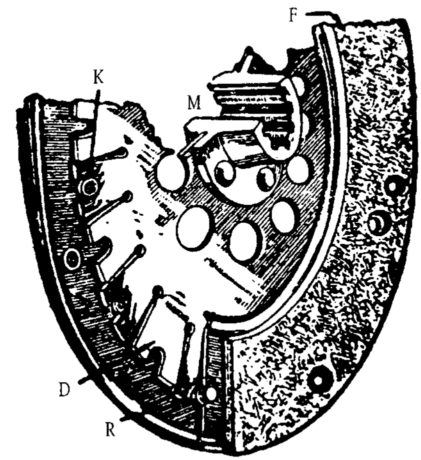


Figura 1.4.

Muchas veces se emplean a la vez ambos dispositivos de progresividad en los forros y amortiguamiento en el disco. Con los dos se consigue suavidad al embragar, y con el primero, además, uniformidad en el esfuerzo motor, pues éste no es rigurosamente continuo a pesar del efecto regulador del volante: se notarían los impulsos de las explosiones de cada cilindro en forma de vibraciones torsionales que perjudicarían a los engranajes del cambio y del puente trasero, así como trepidaría la carrocería con leve incomodidad para los pasajeros.

Un sistema moderno de amortiguación, el D.V.A. " Doble Volante Amortiguador", consiste en que el volante motor está dividido en dos semivolantes, uno fijo al cigüeñal y el otro recibe

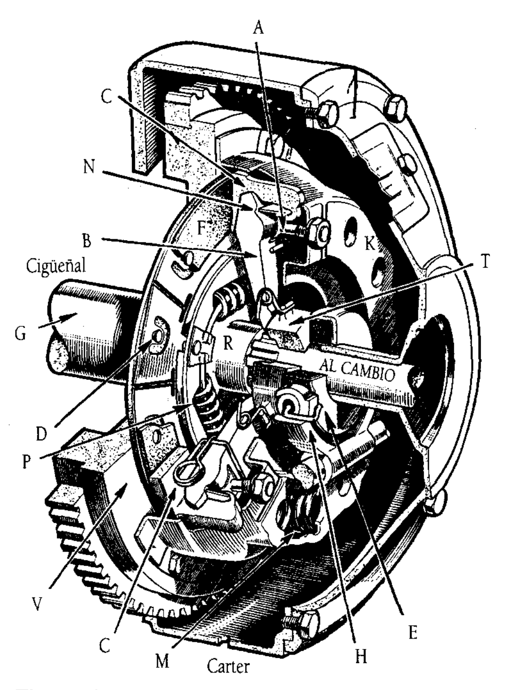


Figura 1.5.

un embrague convencional, intercalándose entre los dos un sistema de amortiguación viscoso o convencional.

La figura 1.5 representa un embrague moderno en el que se ven características actualmente muy empleadas: el conjunto del mecanismo va encerrado en un cárter que se une al bloque motor. La progresividad se obtiene por el combado o copeo de los sectores o dientes D del disco conducido, señalándose los remaches del cosido de las arandelas del tejido F. El amortiguamiento lo dan los resortes P, explicados en la figura 1.3 y que aquí se ven retenidos por el alambre en aro sujeto al disco pequeño del mandril deslizante R.

Para embragar, la horquilla H, que engancha en las orejas laterales del collar E, al ser oprimida empuja el tope anular T y éste los extremos de las palanquitas B (en número de tres en este embrague), cada una de las cuales bascula sobre su apoyo A y por su otro extremo N separan el plato conductor C que deja libre, *desembragado*, al disco forrado F. La palanca B actúa sobre el reborde del plato C por intermedio de la chapa puesta de canto N; todas las piezas se mantienen en la debida posición por pinzas de alambre visibles en la figura, y su organización responde a la cualidad de no necesitar engrase ni atención por parte del conductor.

El apoyo A es regulable por tornillo roscado y tuerca sobre la campana K unida al volante y en la que se apoyan, a su vez, los muelles M que mantienen apretado C contra el volante, oprimiendo entre aquellos el disco conducido F.

Mientras se mantiene pisado el pedal para desembragar el collar E, que no gira, se apoya y aprieta contra el anillo T que gira con el embrague: el fuerte roce requiere un cojinete de empuje que puede ser el aro de grafito contenido dentro de E, el cual por sus propiedades autolubricantes no necesita engrase y da un resbalamiento suave cuando T frota contra él. En otros embragues se usa un tope de bolas como el E de la figura 1.12, que, o bien lleva un depósito de aceite para su engrase permanente, o bien ha de lubricarse desde fuera por un engrasador especial.

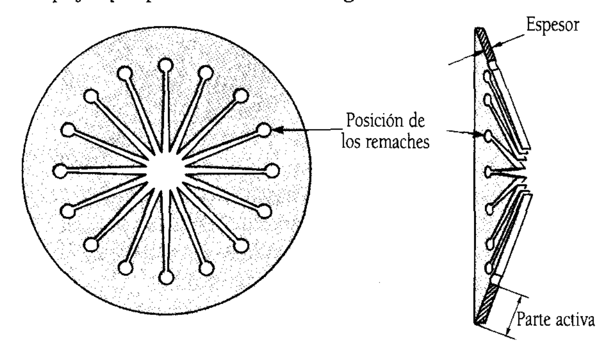


Figura 1.6.

En la actualidad es más frecuente el uso del embrague de “diafragma”, de ma-yor sen-

cillez y eficacia. El diafragma (Fig 1.6), de acero tratado, sustituye a los muelles helicoidales y al sistema de pa-lancas; consiste en una arandela cónica o arandela "Belle-ville" en cuyo interior están cortados los "dedos" del diafragma. Cuando están en posición de "embragado", ejerce toda su fuerza sobre el plato de fricción, el cual comprime el disco de embrague contra el volante motor, haciendo efectiva la unión motor-caja de cambios (Fig 1.7). Para desembragar, al pisar el pedal la horquilla empuja al cojinete, basculando el diafragma sobre sus apoyos en la carcasa, quedando el plato de fricción libre de la acción del diafragma (Fig 1.8). En la figura 1.9 pueden observarse los distintos elementos del embrague: 1, conjunto de accionamiento, integrado por el pedal, cable y horquilla; 2, el cojinete; 3, conjunto de presión, compuesto por la carcasa el diafragma y el plato de presión y 4, el disco de embrague. El volante motor 5, indispensable para el funcionamiento del embrague no constituye un elemento activo del mismo.

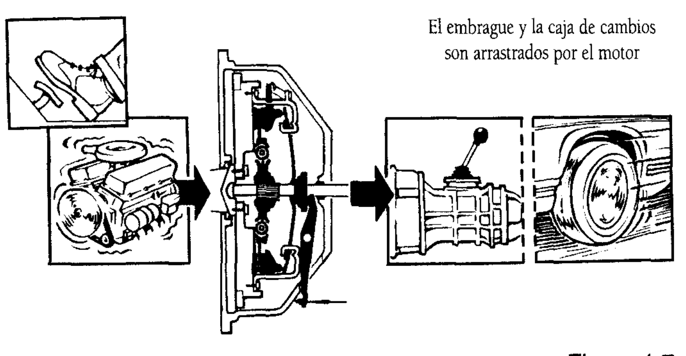


Figura 1.7.

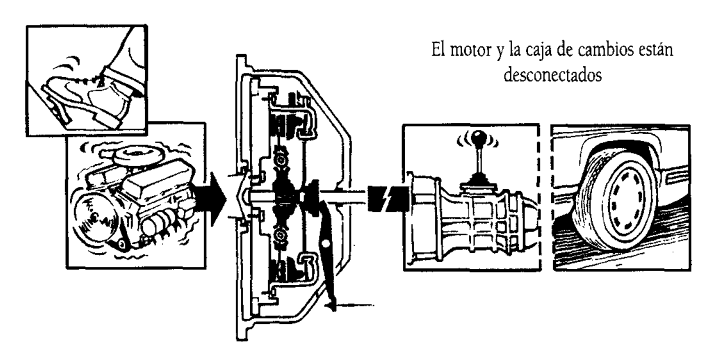


Figura 1.8.

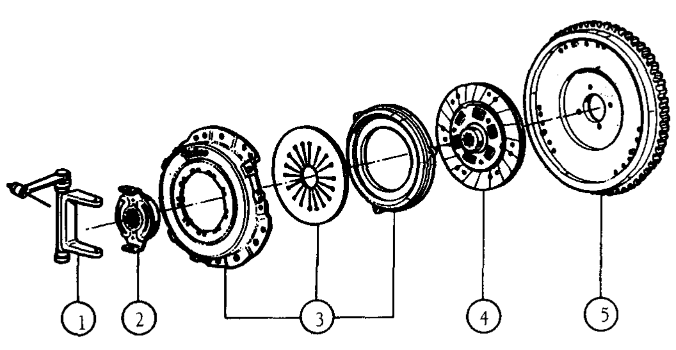


Figura 1.9.

El embrague de discos *múltiples* o *multidisco* (Fig 1.10) está basado en análogo fundamento que el de disco único ya explicado. Sobre el extremo del eje conducido E va el man-

dril W, cuyos nervios soportan los discos metálicos hembras H; entre estos están intercalados los discos machos M, que por su periferia son llevados por las ranuras interiores de la campana P en la forma que detalla la figura 1.11. La campana P (Fig 1.10) está unida al volante; el pedal de embrague, por la horquilla J, tira del collar y del plato de apriete D, venciendo la fuerza del resorte central F, con lo que los discos quedan desacoplados, resbalando las hembras entre los machos y el motor desembragado de la transmisión.

Este embrague, formado al principio por discos metálicos, generalmente se sumergía en aceite fluido o una mezcla de aceite y petróleo, "baño de aceite".

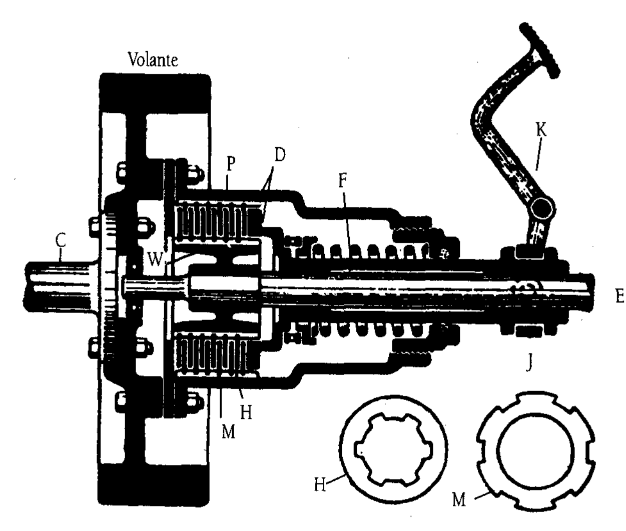


Figura 1.10.

De este tipo se pasó al de varios discos conducidos "en seco", forrándolos con tejido de amianto, hasta llegar al de disco único, usado hoy con pocas excepciones. El de dos o más discos en seco, con muelle central o resortes en la periferia, es usado en algunos camiones dotados de motores muy potentes y en motocicletas.

Embrague semiautomático. El conductor, para desembragar, ha de vencer con el pedal la resistencia de los muelles que aseguran el apriete del disco entre el volante y el plato conductor. Con objeto de hacer más suave esa resistencia en los embragues "semicentrífugos" se colocan resortes de tensión mínima, y el apriete fuerte se confía (Fig. 1.12) a los contrapesos W giratorios sobre cojinetes de agujas J en los extremos de las palanquitas de desembrague B: a las bajas velocidades del motor (hasta 500 revoluciones por minuto), el esfuerzo de rotación es reducido y puede ser transmitido con la sola presión de los resortes, relativamente flojos, que dan un apriete del orden de los 400 kilogramos; a partir de las 500 rpm, la fuerza centrífuga lanza hacia fuera los contrapesos W y su soporte oprime enérgicamente el disco conductor, totalizándose la presión normal de 800 a 1.000 kilogramos. La leyenda al pie de la figura detalla los elementos componentes.

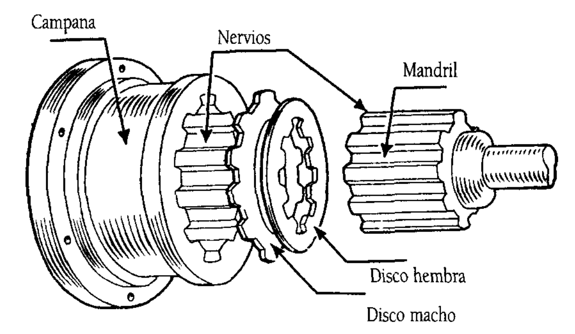
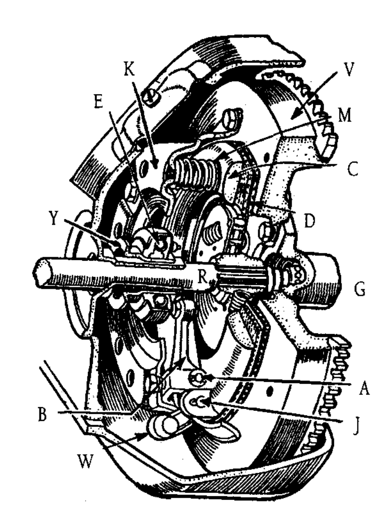


Figura 1.11.

Embrague automático. Modernamente se han construido embragues de funcionamiento automático, o aparatos que los hacen funcionar automáticamente, sin intervención del conductor.

El embrague automático propiamente dicho es el *centrífugo*, análogo al de la figura 1.12, pero sin resorte, y confiando toda la fuerza del apriete a mayores contrapesos C. Unos contramuelles aseguran el despegue del plato conductor con el motor en ralentí, que es cuando el motor está desembragado, y en cuanto se pisa el acelerador se realiza el embrague progresivamente hasta hacerlo sin resbalamiento alguno a partir de 500 rpm. El funcionamiento es automático, y el vehículo no necesitaría pedal de embrague, que, no obstante, se pone para poder mandarlo en la forma ordinaria cuando se anula la automaticidad por medio de un enclavamiento al alcance del conductor.



Y, collar.
E, tope de bolas.
K, campana.
V, volante.
M, muelle de embrague.
C, plato de apriete.
D, disco forrado.
G, cigüeñal.
A, apoyos de las palancas B.
J, cojinetes de los contrapesos W.

Figura 1.12.

2.2. Embrague hidráulico o turbo-embrague

Hacia 1930 apareció aplicado a los automóviles un tipo de embrague llamado *hidráulico*, que ya antes se usó en algunos buques cuando cada hélice era movida por varios motores diesel.

El fundamento es el mismo que hace mover un molinillo de papel cuando se le sopla (Fig. 1.13): la corriente de aire incide en las aspas inclinadas, que se ponen a dar vueltas rápidamente. Lo mismo ocurre si se enchufa un ventilador eléctrico y frente a él se coloca otro (Fig. 1.14) desconectado: el primero I envía una corriente de aire cuya velocidad obliga a girar las aspas del R. El I actúa de bomba o impulsor; el R gira como lo hace el rotor de una turbina cuando recibe una corriente de agua entre sus paletas.



Figura 1.13.

Si en vez de aire se supone que las hélices de I y R están sumergidas en agua o aceite, el líquido que impulsa I obligará lo mismo a girar a R, y esto *sin que haya enlace mecánico* entre aquéllas: es el fluido en movimiento lo que comunica el giro de I a R, estableciendo como un *embrague* entre ambas hélices o paletas. Esto es, precisamente lo que ocurre en el turbo-embrague, por ello llamado "embrague hidráulico" o "transmisión hidráulica". En la realidad, impulsor y rotor tienen la forma que muestra la figura 1.15.

El mecanismo está constituido como indica la figura 1.16; el cigüeñal M termina en un volante hueco en cuyo interior está la bomba-impulsor I y el rotor-turbina R. La bomba-impulsor I forma parte del volante, y sus álabes o paletas son los de la izquierda de la figura distribuidos en un semitono o anillo.

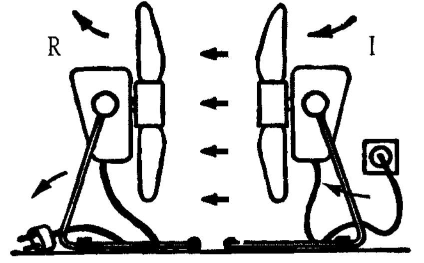


Figura 1.14.

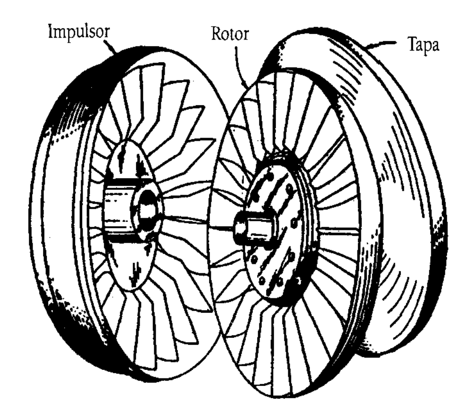


Figura 1.15.

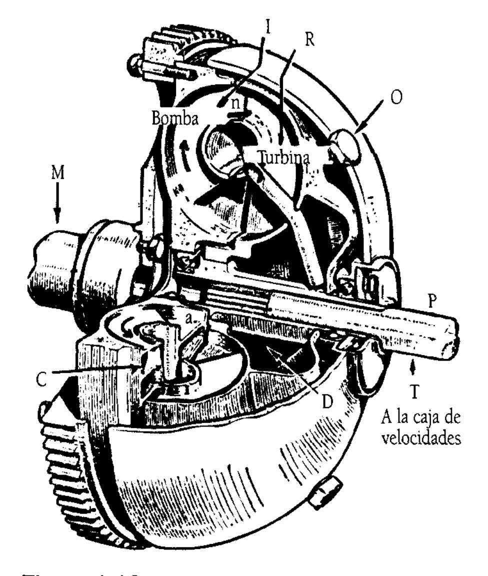


Figura 1.16.

La turbina rotor R tiene la forma de otro semianillo, colocado frente al primero; está unida al eje T, que va de la transmisión (caja del cambio de velocidades), quedando encerrada dicha turbina dentro del cuerpo del volante. Así pues, no se precisa más que una junta prensa-estopas P. Las celdas C del impulsor I (que forman parte del volante propiamente dicho) y las del rotor R están situadas unas frente a otras, componiendo el conjunto bomba-turbina la figura de un aro redondo o toro. El espacio interior del volante se llena de aceite mineral fluido. Al girar el motor, los álabes del volante-impulsor I obligan, por fuerza centrífuga, a pasar el líquido hacia su periferia, de "a" hacia "n", estableciéndose una corriente líquida a través de las celdas del rotor, de éste otra vez al impulsor, etc., o sea, un circuito cerrado. El rotor se ve obligado a girar como una turbina y comunica el movimiento del motor a los órganos de la transmisión por T. La circulación del líquido a través del conjunto impulsor-rotor adquiere la forma de un torbellino tórico (Fig. 1.17), en la que se cortó un trozo para mejor señalar el movimiento interior, detallándose el camino de una partícula de aceite en la figura 2.27.

Obsérvese que entre las partes conductora y conducida no hay arrastre mecánico alguno, estando sólo en contacto por medio de los cojinetes de bolas, que sirven de mutuo apoyo, y del prensa-estopas, visibles en la figura 1.16. Entre el impulsor y el rotor hay una holgura de cuatro o cinco milímetros; no es preciso que sea menor, y podría aumentarse sin alterar el funcionamiento del aparato. En la periferia del volante se dibuja la corona dentada que sirve para engranar el motor de arranque del vehículo.

Las *cualidades características* del turbo-embrague son:

1ª. Siempre hay un cierto *resbalamiento* entre las partes conductora y conducida.

2ª. Se comprueba en la práctica, que en todo caso el *par motor* (o esfuerzo de rotación recibido desde M, Fig 1.16) es transmitido íntegramente a la transmisión, cualquiera que sea el resbalamiento. Por bajo de 500 revoluciones por minuto el resbalamiento es total (porque el torbellino tórico no es lo bastante fuerte para arrastrar el rotor venciendo la resistencia del automóvil a moverse) y el motor puede girar en ralentí estando una velocidad

metida en el cambio, sin que la transmisión reciba movimiento alguno. Para arrancar el vehículo basta pisar el acelerador: al aumentar la velocidad del motor disminuye el resbalamiento (porque el torbellino tórico adquiere rapidez y fuerza para arrastrar al rotor) y se produce el arranque del vehículo con la suavidad que proporciona el intermedio hidráulico, aunque se pise a fondo y de golpe el acelerador. A unas 1.500 rpm, el resbalamiento máximo baja al 12 por 100, y a mayores velocidades de rotación del motor disminuye hasta el 2 por 100.

Del apreciable resbalamiento a velocidades bajas y medias del motor con el acelerador a fondo (justamente cuando el "par" es mayor) se desprende, que mientras el motor gira dando el par máximo, el vehículo, por el citado resbalamiento, irá más despacio que si hubiese enlace rígido entre motor y ruedas. Esto es importante, pues permite sostener la directa aun a poca marcha y, sin embargo, disponiendo de los mayores esfuerzos giratorios motores. Además, no hay peligro de que el motor se cale pues cuando no pueda tirar del coche *resbalará* en el turbo-embrague, manteniéndose a reducida velocidad de giro aunque el acelerador esté a fondo. Claro que en estas circunstancias es cuando será máximo el calentamiento del aceite del volante, calentamiento que supone un mayor consumo de gasolina en pura pérdida; no abusando del turbo-embrague, no pasa del 5 por 100.

Figura 1.17.

De todo ello se deduce la ventaja que el turbo-embrague ofrece para la marcha sin necesidad de cambiar la velocidad. Por otra parte, *no impide utilizar el motor como freno*, y el cambio de sentido en el esfuerzo de torsión de la transmisión se hace con mucha mayor dulzura en beneficio de las juntas universales, engranajes y palieres del puente trasero, y de los mismos neumáticos.

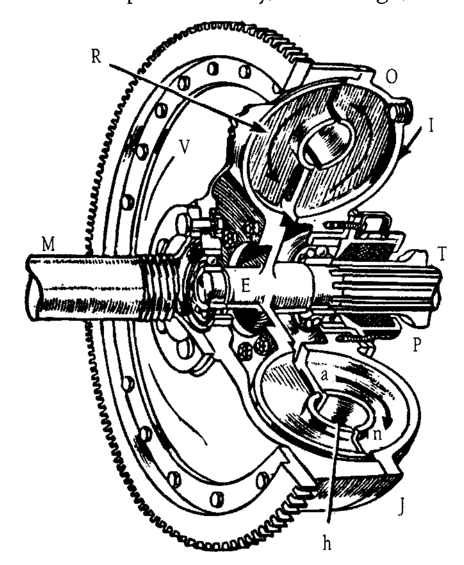


Figura 1.18.

El hueco del volante sirve de depósito del líquido; en algunos modelos se comunica esta cavidad con un anillo interior del toro por medio de los tubos visibles en la figura 1.16. De esta forma se facilita el paso del líquido a las celdas en cuanto empieza a girar la turbina, y se hace que el resbalamiento disminuya más rápidamente por llenarse más deprisa las celdas para formar el torbellino tórico macizo. Sin embargo, no es dispositivo necesario ni de uso general.

La situación relativa de impulsor y rotor es diferente. En la figura 1.18 se detalla el embrague hidráulico de Daimler (la marca que primero lo usó).

El extremo M del cigüeñal lleva el volante compuesto por el plato V y la caja J cuya pared opuesta forma el impulsor I. En el interior queda el rotor R unido al eje T que sigue a la caja de cambios y se apoya en la izquierda por la espiga E sobre un cojinete de bolas

del centro de V, y en el medio con otro rodamiento del impulsor; a la derecha está el prensa-estopas P con sus tornillos de apriete que resbala encima de T.

El líquido es enviado de "a" hacia "n", como señalan las flechas y quedó explicado en el anterior modelo, formando el torbellino tórico alrededor del hueco anular "h", que no es indispensable y no lo llevan otros turbo-embragues.

El principal inconveniente es que el *embrague hidráulico no es apto para ser acoplado directamente con una caja de cambios del tipo generalmente usado.* En efecto, aunque el resbalamiento sea total, no se obtiene un desembrague absolutamente completo, pues el líquido en circulación por los álabes de la turbina oprime ésta, aunque no la haga girar, y, por tanto, los dientes de los piñones engranados en la caja de cambios resultan fuertemente oprimidos de costado unos contra otros y no se pueden desengranar con la palanca. Por esta razón, se combina el turbo-embrague con un cambio de velocidades de engranajes epicicloidales, que en sí mismo podría funcionar sin necesidad del embrague, y que se describe más adelante (Wilson; Hydramatic).

Para acoplar el turbo-embrague a una caja de cambios ordinaria se precisa el empleo de un embrague auxiliar del tipo corriente, disposición adoptada por algunas marcas americanas en los equipos que usaron de este tipo, y también por Fiat en algún modelo. Entre el rotor y el primario del cambio de marchas, se intercala un embrague de disco.

El turbo-embrague se funde de aluminio, sin que sea preciso pulimentar los álabes, que son planos y radiales. Para compensar las dilataciones del líquido causadas por el desarrollo de calor no se llena el volante por completo. El prensa-estopas es del tipo corriente; algunas veces un disco elástico de acero especial que apoya, frota y hace cierre sobre un aro de bronce, ambos con superficies rectificadas de alta precisión y que no deben tocarse. Los de tipo corriente deben mantenerse en las más perfectas condiciones, pues, si la cantidad de líquido disminuye, el resbalamiento aumenta. Las fugas que pudieran presentarse, y que son debidas a abusos en el manejo del turbo-embrague, deben compensarse rellenando el volante a la vez que se cambia el aceite del motor.

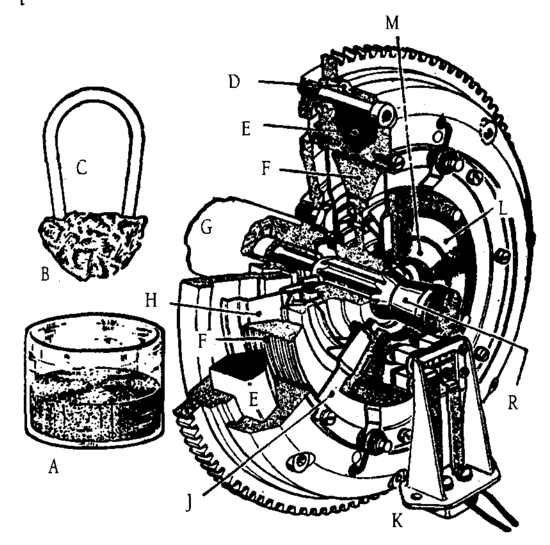


Figura 1.19.

2.3. Embrague magnético con hierro en polvo

(Fig. 1.19). En 1947 el norteamericano Rabinow descubrió que, si se sumergía un imán C en una mezcla de aceite y polvo de hierro A, la mezcla líquida se convertía en sólida B, tanto más rígida cuanto mayor fuera el magnetismo. Lo mismo ocurre si el lubricante es un polvo, grafito, sulfuro de molibdeno, etc., y es así como se aplica a los embragues de automóviles.

Uno de los modelos más conocidos es el americano Eaton, fabricado en Inglaterra por Smith y en Francia por Jaeger. En éste último el volante D, montado en el extremo del cigüeñal G, lleva

una bobina anular E, a la que llega corriente desde los anillos M y L sobre los que apoyan las escobillas frotadoras que se ven en la pieza alimentadora K. Sobre el árbol de la transmisión R, a modo de disco de embrague, va la armadura circular F de acero, cuyo borde exterior ranurado está muy próximo al volante D, y encerrada en el compartimento que cierran las chapas laterales H y J, en el que va el polvo mezcla de lubricante y hierro, de 100 a 200 gramos según la potencia del motor. A medida que llega corriente por K se va solidificando el polvo entre D y F, y desde el resbalamiento total, desembrague, se pasa progresivamente al embrague completo.

El mando eléctrico varía según la marca; pero siempre está gobernado por el interruptor de la palanca del cambio, unas resistencias y la depresión del carburador.

3. MANDO DEL EMBRAGUE

El esfuerzo del conductor se transmite hasta el collarín por un sistema *mecánico* de cable, a través del pedal, cable "bowden" y horquilla, dotado de un sistema de reglaje; o bien por un sistema *hidráulico* (Fig. 1.20), a través del pedal, bomba de embrague, tubería y bombín, cuyo émbolo empuja a la horquilla. La principal ventaja del mando hidráulico es que el enlace entre pedal y horquilla es muy fácil cualquiera que sea su posición relativa, gracias al envío de la fuerza por el líquido de un tubo.

El sistema más empleado de embrague automático fue el que operaba por medio de la fuerza del vacío del colector de admisión, y que en realidad es un *servo-desembrague automático*, acoplado a cualquier tipo de embrague.

El esquema de funcionamiento (Fig. 1.21) es el siguiente: el acelerador a la vez que manda la mariposa de gases acciona una válvula que, en ralentí, pone en comunicación el vacío del colector de admisión con el servo de vacío, cuya membrana acciona el pedal del embrague y realiza un desembrague automático. En cuanto se pisa el acelerador, al mismo tiempo que se empieza a abrir la mariposa de gases, la válvula corta la comunicación con el colector de admisión y entra aire por ella que llega al servo de vacío y deja libre la membrana, por lo que ésta cesa de actuar sobre el pedal de embrague, y éste se acopla primero con suavidad y luego con firmeza, en la forma ordinaria. Así cada vez que el conductor levanta el pie del acelerador, automáticamente se desembraga el motor y cada vez que lo pisa se realiza el embrague por sí solo. El conductor tiene a su alcance

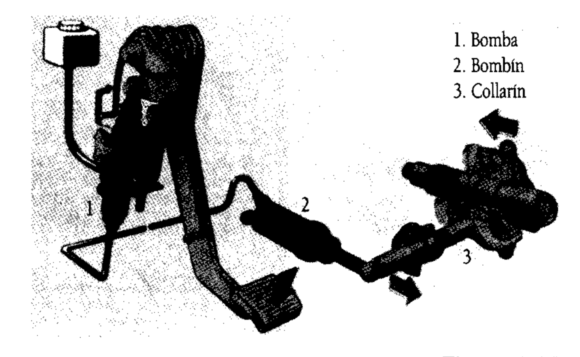


Figura 1.20.

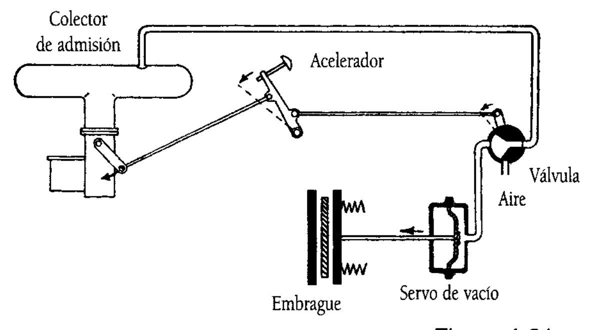


Figura 1.21.

un botón que por un mando de cable o varilla puede dar entrada permanente de aire al servo de vacío, anulando su acción, y deja fuera de servicio el desembrague automático.

Tanto el embrague centrífugo como el servodesembrague de vacío, tal como se han explicado han pasado de moda; no obstante los principios de funcionamiento se han aprovechado en los modernos embragues automáticos, que en algunos casos permiten la supresión del pedal correspondiente para mayor comodidad del conductor.

4. MODELOS DE EMBRAGUES

Como ejemplo de realizaciones se describen los principios de funcionamiento del embrague mecánico Citröen 2CV, eléctrico Ferlec, electroneumático Saxomat y el de mando hidráulico Citröen DS-19.

Embrague Citröen 2CV. No suprime el embrague ordinario y su pedal, sino que añade en serie un embrague centrífugo en la forma que presenta la figura 1.22-2. El extremo del cigüeñal lleva el volante V, con su corona dentada para engrane del arranque eléctrico; sobre un saliente circular están colocadas las zapatas B que, cuando el motor alcanza las 1000 rpm, vencen la acción de sus resortes y se aplican enérgicamente según las flechas (2), contra el tambor D, con nervios para mejor refrigeración y más rigidez. Este contiene en su interior, hueco H del dibujo 1, un embrague ordinario cuyo disco F está sobre el eje primario P del cambio de velocidades; el plato de apriete es E, y el accionamiento se hace por el pedal corriente. En las paradas y cambios de marcha en que el motor cae por debajo de las citadas revoluciones el conductor no tiene que ocuparse del embrague, pues el centrífugo lo hace automáticamente (en casi todo el tráfico urbano): el empleo del pedal para desembragar F queda reservado a los cambios de velocidad con motor acelerado en carretera.

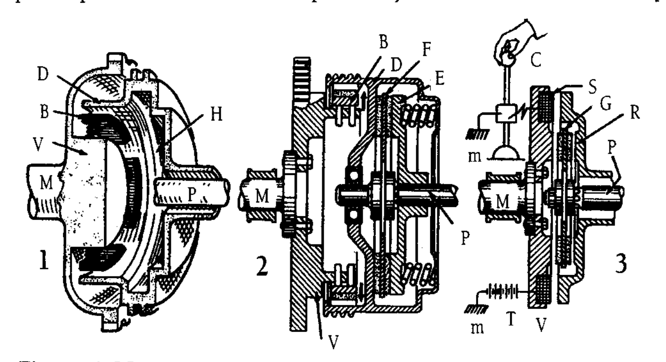


Figura 1.22.

Embrague Ferlec. (Fig. 1.22-3). Para uso en vehículos de pequeña potencia la marca Ferodo fabrica este sencillo embrague automático, a petición, montado en los Renault franceses. La acción de los resortes, que aprietan el disco conducido G, se ha sustituido por la del electroimán S, colocado en el volante V, que atrae su armadura R y ciñe al disco G. Cuando se interrumpe la corriente que activa a S el disco queda suelto, desembragado. La corriente proporcionada por la batería T se corta por un interruptor colocado en la palanca del cambio C, de modo que cada vez que se va a manejar éste, al iniciarse el movimiento de la palanca lo primero que hace es cortar la corriente; al llegar la palanca a la nueva posición se restablece por cierre de su interruptor. El circuito eléctrico se completa por las tomas de masa "m".

Embrague Saxomatic. (Fig. 1.23). Producido por la casa alemana Fitchel y Sachs, fabricantes de motores para motocicletas, es adecuado para automóviles de pequeña o mediana potencia. El

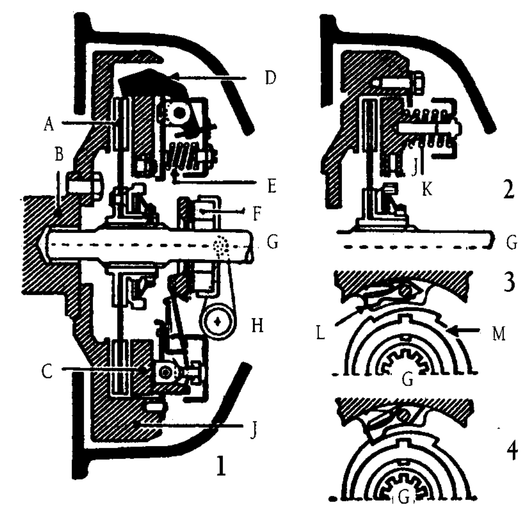


Figura 1.23.

cigüeñal B se termina en el volante J, en cuyo interior está el embrague de disco único en seco A. El plato C es oprimido por la conocida corona de 6 a 12 resortes como el K (detalle 2), según el vehículo en que se monte; para desembragar se oprime, mediante la horquilla H y tope de empuje F que actúan sobre palanquitas como la visible en la mitad inferior del dibujo 1. El disco A va sobre las ranuras del eje de transmisión G, designado con esta letra en los cuatro dibujos.

La acción de los resortes K es contrarrestada y ligeramente vencida por tres resortes E, por lo que a motor parado y en ralentí A está desembragado. A partir de las 800 rpm los contrapesos giratorios D que se separan por fuerza centrífuga, acercan sus colas al plato oprimiendo a los resortes E y, por tanto, ayudan a los normales K. El embrague se termina a unas 1300 rpm, quedando así asegurada una suave progresividad.

La figura 1.24 expone el mando, en parte eléctrico y en parte por el vacío de la admisión. Este viene del colector 4 por el tubo 12 al cuerpo de válvulas 11, donde el depósito 14 sirve de reserva de vacío. Cuando, para accionar el cambio de velocidades, se suelta el acelerador y se coge la palanca 16, se cierra su contacto eléctrico y la corriente que viene de 15 (batería) activa el electroimán 13 que echa su armadura a la izquierda y abre la vál-

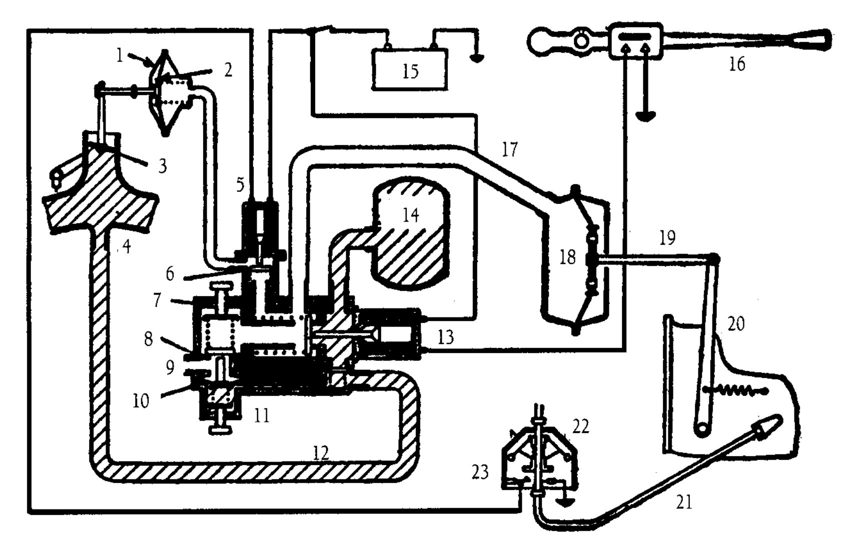


Figura 1.24.

vula de tapa que dejará pasar el vacío, todos los tubos rayados, al tubo 17 que va al cilindro de mando 18: su diafragma es "chupado" a la izquierda, tira de 19 y la palanca 20 desembraga, pues acciona el eje de la horquilla H de la figura 1.23. La operación es muy rápida. Para que durante el cambio no bajen demasiado las revoluciones del motor (Fig. 1.24) y se desembrague con independencia del mando 18, está la cápsula 1 cuyo diafragma 2 recibe la depresión a través de la válvula 6 normalmente abierta: 2 entreabre la mariposa de gases 3 manteniendo el giro del motor por encima de las 1.500 rpm. Sin embargo, en algunos vehículos cuando la marcha baja de los 10 Km.p.h., un regulador centrífugo 22, accionado por el cable 21 del velocímetro, cierra el contacto 23, pasa corriente al electro 5 y éste cierra la válvula 6 anulando la acción del diafragma 2. Esto es necesario para que el automóvil desembrague automáticamente al pararse, por acción de los contrapesos y resortes, como se dijo al empezar la explicación.

Cuando, metida ya otra velocidad, se suelta la palanca 16, se desconecta la corriente, con lo que la válvula 13 se desplaza a la derecha, tapa la comunicación con el vacío y abre paso al aire por presión atmosférica (que llega desde 9 venciendo la válvula 8) hacia 17 y 18: al correrse 19 a la derecha, 20 gira produciendo el embrague. Si el conductor pisa bruscamente el acelerador a fondo, desaparece instantáneamente el vacío en 4, en 12 y, por el pequeño paso en 11, también bajo la membrana 10: ésta sube de golpe y su vástago abre en el acto la válvula 8 por la que pasa la presión atmosférica a empujar 18 y producir el embrague rápidamente, en una décima de segundo.

Si el conductor, una vez efectuado el cambio, pisa ligeramente el acelerador, el vacío en 4, 12 y debajo de 10 tiene bastante fuerza para retener al vástago de 10; entonces 8 se abrirá solo por la presión atmosférica, que accionará el embrague lentamente, en unos dos a tres segundos, asegurando así su progresividad. El desembrague se hace en un cuarto de segundo.

Para hacer posible el "arranque empujando" y también el uso del motor como freno de aparcamiento, el borde interior (Fig. 1.23) del plato de embrague C lleva unos fiadores L articulados a él, que por fuerza centrífuga, dibujo 3, se separan de las muescas de la rueda trinquete M, montada en el mandril deslizante del disco. A menos de 300 rpm, caen los fiadores sobre las muescas, dibujo 4, y hacen solidarios plato y disco de forma que si gira G, ruedas del vehículo, obliga a hacerlo al motor; pero éste podrá arrancar sin arrastrar a G.

Se ha descrito con detalle este sistema no sólo por ser acaso el más empleado, sino porque su mando electro-neumático es similar al de otra marcas.

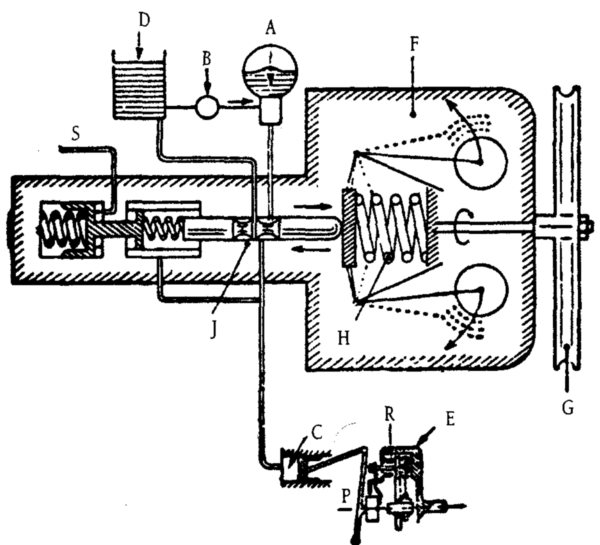


Figura 1.25.

Embrague automático Citroën con mando hidráulico (Fig. 1.25). El Citroën DS-19 tiene una central hidráulica compuesta por un depósito D y una bomba B que eleva a fuerte presión el aceite, almacenándolo en acumuladores como el A, donde comprime gas , flexando una membrana; así, aunque el motor esté parado y la bomba no funcione, hay una reserva de líquido a presión que acciona los distintos mecanismos, como dirección, frenos, cambio y suspensión. El embrague es uno de ellos.

A partir del modelo de 1961, un regulador centrífugo H (contenido en la caja F, que se dibuja de tamaño desproporcionado), recibe movimiento desde el motor por la polea G. Cuando gira deprisa, permite correrse a la derecha al distribuidor de aceite J, y cuando bajan las revoluciones (por ejemplo al ir a cambiar de velocidad), lo empuja a la izquierda, con lo que pasa aceite a presión desde A al cilindro de mando C; la palanca P comprime los resortes R y desembraga E. Al pisar de nuevo el acelerador, se abren los contrapesos de H, se corre J a la derecha y el aceite a presión de C se descarga al depósito D, produciéndose el embrague. Un tubo S que trae aceite a presión del sistema de frenado hace que, al aplicarse un frenazo fuerte, se desplacen a la izquierda el pistón y el apoyo del resorte de J, para que esta corredera pueda moverse a la izquierda y se efectúe un desembrague para impedir que se cale el motor.

5. MANEJO DEL EMBRAGUE

Colocada la palanca del cambio en la posición conveniente para que la marcha del vehículo se inicie o se continúe en la forma deseada, el embrague debe volver a unir el árbol motor con la transmisión de una manera progresiva; si el embrague es demasiado rápido por un mal reglaje o porque el conductor suelta el pedal de golpe, la arrancada o la nueva marcha se realizan por un *tironazo* del vehículo, con la consiguiente molestia para los ocupantes y perjuicio para la transmisión (puede romperse un palier por la aplicación brusca del esfuerzo de rotación), o bien el motor se cala si su potencia, en el instante de embragar, no es suficiente para obtener la impulsión repentina del vehículo.

Si el disco conducido resbala entre el plato conductor y el volante, el embrague *patina*; esto es lo que ocurre cuando no se suelta por completo el pedal para embragar, porque entonces los muelles del embrague no están en libertad total para apretar una contra otra las superficies de frotamiento, y éstas resbalan con gran producción de calor y desgaste. Lo mismo sucede cuando para desembragar no se pisa a fondo el pedal: el desembrague es incompleto porque no se vence totalmente la fuerza de dichos resortes y las superficies de frotamiento no quedan libres para separarse. De aquí se deduce la necesidad de efectuar francamente ambas operaciones: pisar a fondo el pedal para desembragar y soltarlo por completo para embragar, sin dejar que el pie siga apoyado sobre él.

6. REGLAJE DEL EMBRAGUE

Los forros del disco sufren desgaste con el uso; al adelgazarse F (Fig. 1.5), N se va inclinando hacia la izquierda, y los extremos interiores de las palancas B van echando el tope anular T sobre el anillo de empuje E. Entre T y E (o entre las colas de B y el aro de empuje, si falta T) debe existir un huelgo de 1,5 a 2,5 milímetros; si se anula, rozarán constantemente ambas piezas y el aro de grafito se desgastará, o si es tope de bola sufrirá de esfuerzo constante. Incluso llegará un momento en que, si E no cede, los extremos N retendrán el plato C, produciéndose el patinado del embrague, primero de manera casi imperceptible, pero en seguida bien manifiesto, con fuerte producción de calor y rápido desgaste.

El huelgo mencionado entre T y E representa un recorrido de seguridad (1, en la figura 1.1) de 1,5 a 3 centímetros, o más. Para mantenerlo, debe comprobarse (Fig. 1.26), apretando con un dedo, que el recorrido "b" hasta que se siente la resistencia de los muelles de embrague es de 1,5 centímetros por lo menos. Si fuese menor, o bien mayor de 3 centímetros, se regula con la tuerca B que acorta o alarga la varilla de mando de la horquilla H.

El pedal no debe llegar a apoyar su parte inferior en el piso, sino que conviene dejar una holgura mínima "a" de 2 centímetros, que casi siempre puede ajustarse con un tornillo de tope A. Algunos embragues tienen otro tope que limita el recorrido máximo del pedal, para evitar que padezcan los muelles y palancas si se pisa a fondo innecesariamente.

Cuando se agoten las posibilidades de ajuste en A y B se llevará el vehículo a un taller, donde con herramienta especializada regulen los tornillos A (Fig. 1.5) que el conductor no debe tocar y, si fuese necesario, cambiarán los forros gastados.

Algunos embragues tienen tornillos de regulación para los muelles de apriete M (Fig. 1.1), pero lo corriente es que no los traigan, reponiéndose los resortes cuando se debiliten o rompan.

El reglaje en los embragues de mando hidráulico se consigue en el enlace bombín-horquilla (Fig. 1.20).

El ajuste del mando del embrague se realiza automáticamente en algunos vehículos.

7. AVERÍAS DEL EMBRAGUE

1. El embrague patina. Se nota en que, pisando a fondo el acelerador, el motor se embala sin que el vehículo aumente en proporción su velocidad. Para comprobarlo, con el coche parado, la directa metida y los frenos bien apretados, se desembraga y acelera ligeramente en vacío; poco a poco se embraga y acelera como si se fuese a arrancar; si el motor no tiende a calarse, sino que sigue girando, es porque el embrague patina. Las causas pueden ser:

a) Mal reglaje en el pedal: comprobar y ajustar las holguras "a" y "b" (Fig. 1.26).

b) Varillas de mando, desde el pedal, agarrotadas, impidiendo que el embrague recobre su posición: limpiar y engrasar.

Si continúa el patinado, habrá de llevarse el vehículo a un taller para comprobar las siguientes causas:

c) Forros engrasados: lo mejor es poner otros nuevos si se ha impregnado el compuesto. Cuídese de no aceitar en exceso el tope de bolas, si lo hay.

d) Forros muy desgastados: reponerlos.

e) Muelles de embrague M (Fig. 1.1, 1.5 y 1.12) rotos o débiles: verificarlos, pues pueden haber perdido fuerza con el calor desarrollado al patinar el embrague: se coloca el juego completo, comprobando que todos tienen la misma fuerza para evitar un apriete desigual que provocaría nuevas averías.

f) Las palancas B o dedos del embrague (Fig. 1.5) han cedido: requiere un reajuste de precisión, comprobando si la fuerza de los resortes usados no era excesiva. Igual si se trata de embragues de diafragma.

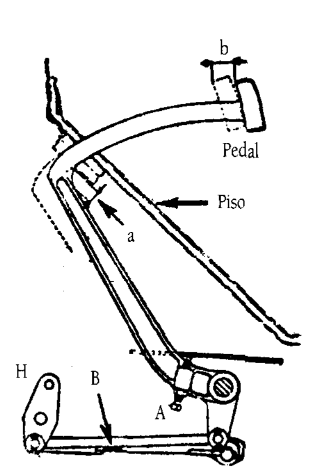


Figura 1.26.

2. Al arrancar el vehículo lo hace bruscamente, a saltos, aunque el pedal se suelte poco a poco.

a) Un soporte del bloque motor puede estar roto, o la sujeción floja.
b) Mal reglaje de los dedos o palancas del embrague B (Fig. 1.5). Puede intentarse, por un mecánico experto, el retoque de los tornillos A para alinear a estima los apoyos de las palancas B, numerando las tuercas y anotando las vueltas giradas; pero lo más probable y conveniente será acudir al taller, como para las causas que siguen:
c) Trazas de aceite en los forros: limpieza o reposición.
d) Forros desgarrados, escamados o muy gastados, con el tejido de alambre o los remaches al descubierto: renovarlos.
e) Plato C torcido: alinear, rectificarlo o sustituirlo.
f) La cara de frotamiento V del volante corroída: habrá de rectificarse, cuidando de disminuir la corona de apoyo de la campana K en la misma cantidad para conservar las dimensiones interiores.
g) Mandril R agarrotado en las estrías: despegar, limpiar y aceitar ligeramente.

En los embragues de discos sumergidos la brusquedad puede ser debida a que se necesita renovar el líquido. Si no fuera esta la causa, deberá ponerse mayor proporción de aceite: se añadirá prudentemente hasta obtener un embrague progresivo.

3. Disco pegado. En este caso, no es posible desembragar, y no debe forzarse el pedal a fondo para intentarlo, pues puede doblar o romper los dedos B. La causa más probable es la oxidación del volante o del plato de apriete, por entradas indebidas de aceite en malas condiciones o de agua. Hay que desmontar (sin tocar el reglaje de palancas y resortes, pues ello requeriría hacerlo en un taller con herramental especializado); se despegan los discos con petróleo y después se lavan con gasolina cuidando de no salpicar los rodamientos. Las caras de volante y plato se frotan igualmente.

4. Desembrague incompleto. Se nota en que, aun pisando a fondo, el cambio de marchas se hace difícil y ruidosamente.

a) Exceso de holguras "a" y "b" (Fig. 1.26) en el pedal y varillaje. Cuando el pedal topa con el piso aún no se llegó a desembragar: ajustar en la forma explicada.
b) Mandril agarrotado en las ranuras: despegar, limpiar y aceitar ligeramente.
c) Disco torcido o forros sucios, pegajosos o desprendidos: enderezar, limpiar o renovar. Si los forros acabaran de reponerse, es que serán demasiado gruesos.

5. Embrague ruidoso. Se oprime el pedal todo el recorrido de seguridad 1 (Fig. 1.1) hasta llegar a iniciar la compresión de los resortes de embrague M; si el ruido no desaparece, sus causas pueden ser:

a) Resorte de llamada del pedal, suelto; sujetarlo.
b) Falta de holgura "b" (Fig. 1.26).
c) Anillo de grafito E (Fig. 1.5) gastado, flojo, o si es de tope de bolas tiene holguras o está agarrotado. En ambos casos se renovarán.
d) Alambre de sujeción de las palancas o dedos B rotos o sueltos.
e) Los dedos de desembrague B están mal reglados, o torcidos, o avería interior que debe localizarse por desmontaje en un taller.

6. En el embrague hidráulico el resbalamiento es la cualidad más característica suya, como ya se dijo. Los cuidados principales son: buen estado del prensa-estopas para evitar las fugas; comprobación del nivel y relleno cada vez que se cambie el aceite del motor, y cambio del líquido de volante cada 12.000 kilómetros. El nivel viene indicado, generalmente, por el mismo tapón de relleno.

Las averías probables son:

a) Exceso de resbalamiento, por falta de aceite o por ser éste de viscosidad inadecuada: comprobar el nivel y la calidad, reponiendo aquél en la cantidad y clase precisados por la casa constructora. Si no se conociera, debe ser un aceite fluido de la mejor clase e "inoxidable".

b) Arrastre en ralentí, o sea, que no resbala totalmente, a causa de calidad inadecuada (demasiado espeso).

c) Pérdidas de aceite por mal estado o flojedad de la empaquetadura o de los apoyos.

d) Vibraciones, probablemente causadas por haber cambiado algún tapón de los orificios de llenado; o tuercas cambiadas; desequilibrando en ambos casos el volante.

Si alguna vez se desmonta este mecanismo, habrá de cuidarse con esmero, al montarlo, del más exacto equilibrio de las partes móviles, centrándolas muy bien para evitar vibraciones. Caso de que éstas se presentasen se puede tantear dicho equilibrio, una vez bien centradas las partes giratorias, colocando tuercas más o menos pesadas, hasta que desaparezcan aquellas.

7. El pedal puede estar duro. En toda su carrera o en un punto. Puede ser debido a:

a) Defecto en la timonería: verificarla. Comprobar el cojinete, limpiar, lubricar o cambiarlo.

b) Incrustación del cojinete en los dedos del diafragma, cambiar el embrague.

Observación importante. La mayor parte de las averías del embrague se producen por un empleo inadecuado de éste. Algunos conductores practican y enseñan el uso vicioso del *medio embrague*. Consiste esto en desembragar ligeramente, para hacer patinar parcialmente el embrague, cuando se agota la velocidad que se lleva en el cambio y peligra de calarse el motor; por ejemplo, en el tráfico urbano, en el que se varía la marcha constantemente, y al subir cuestas cuando cerca de su coronación se haría preciso cambiar a una combinación más baja de la caja de velocidades. Los embragues no se han hecho para patinar; el "medio embrague" desgasta rápidamente las superficies frotantes y hace padecer los cojinetes o topes de empuje. Cuando el motor vaya apurado, debe cambiarse a una velocidad inferior, incluso a primera, pero nunca marchar a medio embrague.

Cuídese también de no llevar el pie apoyado sobre el pedal del embrague; por pequeña que parezca la presión, es siempre suficiente para perjudicarlo. En marcha normal, el pie izquierdo ha de mantenerse sobre el piso.



Capítulo 2

La Caja de Cambios

1. INTRODUCCIÓN

La potencia de un motor de explosión aumenta con el número de revoluciones por minuto hasta que se alcanza la *velocidad de régimen*, pues el número de vueltas crece en iguales términos que el de explosiones, toda vez que se produce una explosión por cilindro en cada dos vueltas de cigüeñal. Rebasada esa velocidad de régimen, la potencia del motor vuelve a decrecer: fijándose en los períodos de admisión, por ejemplo, al girar muy deprisa el cigüeñal la duración del llenado de los cilindros es muy pequeña, por lo que la fuerza de la explosión disminuye, y se comprende que llegue un momento en el que no esté compensado el mayor número de explosiones, por la menor fuerza de cada una de ellas. *La máxima potencia de un motor de explosión se obtiene cuando gira a su velocidad de régimen*, que es distinta para cada uno, pero siempre elevada.

Si un automóvil va circulando por un buen camino horizontal a la velocidad que le permite la máxima potencia de su motor, al abordar una cuesta no podrá subirla a la misma veolocidad que en llano, ya que el esfuerzo de subir la pendiente absorbe parte de la potencia y, lo mismo que le ocurre a un ciclista al que el trabajo de la subida obliga a pedalear más despacio, el motor del automóvil girará cada vez con menos rapidez, desarrollando sucesivamente menos potencia hasta hacer, en una rampa larga y pronunciada, que el vehículo se pare si la fuerza que el motor proporciona no es la que exige la subida. Las resistencias que se presentan a la marcha, en este caso de la fuerza, pueden acabar por consumir toda la potencia del motor; y es lo que ocurriría si desde el cigüeñal se transmitiera directamente su movimiento a las ruedas motrices.

Por el mecanismo del cambio de velocidades la rotación del cigüeñal se transmite a las ruedas propulsoras en tal forma que, cuando el vehículo va despacio porque el motor agota su fuerza en subir trabajosamente una cuesta y peligraría de calarse, se puede alterar la transmisión y hacer que aun yendo despacio el automóvil el motor vuelva a girar deprisa, dando toda su potencia, con lo que se aleja la probabilidad de que se pare, y el vehículo podrá subir la cuesta con facilidad para el motor, aunque a menos velocidad de marcha que en llano.

Por ejemplo, supóngase un automóvil que puede ir por una carretera horizontal a 100 kilómetros por hora, con su motor girando a la velocidad de régimen, 3.600 rpm, para la cual desarrolla una potencia máxima de 55 CV. A esta velocidad, y suponiendo las ruedas propulsoras con neumáticos de 64 cm. de diámetro, corresponden para cada 43 vueltas del motor aproximadamente 10 vueltas

de las ruedas traseras. Esta *desmultiplicación* constante es obtenida en el par cónico diferencial, como se verá más adelante, y no en la caja de cambios, porque se supone que el giro del cigüeñal se comunica íntegro a la transmisión.

Al presentarse una fuerte cuesta arriba, los 55 CV, que puede dar el motor se han de emplear ya no sólo en desplazarse, sino también en vencer la cuesta, por lo que el vehículo irá cada vez más lentamente. Pero entonces el motor girará también más despacio, por lo que va perdiendo potencia. Así resulta que, al bajar a 2.200 rpm, que corresponden a una velocidad de 60 kilómetros por hora, sólo se tienen 40 CV, y si la pendiente es fuerte acabaría por calarse el motor al no poder arrastrar el vehículo.

Pero entonces se recurre a la caja de cambios y se hace que, conservando el automóvil su velocidad de 60 Km. por hora, el motor pueda girar, no a las 2200 rpm con que venía, sino que vuelva a girar a 3600, dando otra vez los 55 CV, en vez de los 40 que se obtenían antes de intervenir aquella.

La caja del cambio, en definitiva, lo que hace ahora es desmultiplicar más el giro del motor, o sea, que por medio de unos engranajes se reduce el movimiento y en vez de transmitirse íntegro el giro del cigüeñal a la transmisión, se hace que cada vuelta de ésta corresponda a cerca de dos del motor. Si aún así no fuera bastante, se puede aumentar más la desmultiplicación mediante una nueva combinación de engranajes en la caja del cambio. El número de combinaciones que ésta permite suele ser variable, y también lleva otra para obtener la marcha hacia atrás del vehículo.

2. DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE LA CAJA DE CAMBIOS ELEMENTAL

El giro del cigüeñal llega desde el embrague a la caja de velocidades por un árbol P, llamado *primario*, a continuación del cual otro árbol S, que es el *secundario*, recoge el movimiento y lo

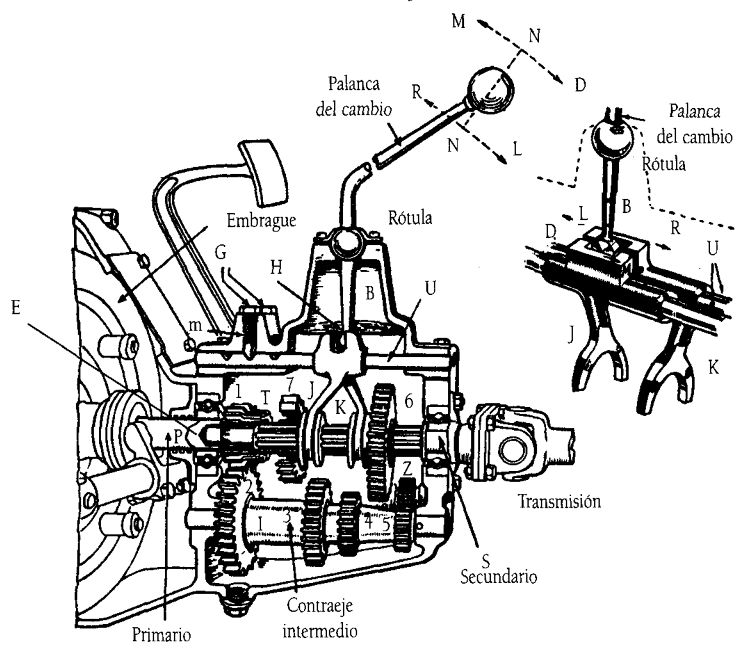


Figura 2.1.

transmite a las ruedas motrices (Fig. 2.1). El eje P, a su entrada en la caja del cambio, lleva un piñón 1 en engranaje constante con otro 2, unido al árbol *intermediario* o *contraeje* I, sobre el que van fijos los piñones 3 y 4, con los que respectivamente vienen a engranar los 7 y 6 del secundario, que van montados en la forma indicada en la figura, es decir 6 y 7 giran con el árbol S, pero pueden desplazarse a lo largo de él por las estrías de S. Por los piñones en toma constante 1 y 2, el giro del primario P se transmite permanentemente al contraeje I, y de éste puede pasar al secundario S si engrana alguno de sus desplazables con el correspondiente piñón del árbol I.

Primario y secundario pueden también unirse directamente por dientes T que lleva el piñón 1 y en los que vienen a engranar los dientes interiores del desplazable 7; entonces los dos árboles giran a igual velocidad, no interviniendo en la transmisión del movimiento el intermediario, que sin embargo, continúa girando en vacío por la toma constante 1-2. El secundario suele llevar una espiga E que va introducida en un alojamiento del extremo del primario, y claro es que a través de este "enchufe loco", que sólo sirve para alinear los dos árboles, no hay transmisión alguna de giro de uno a otro. Otras veces el secundario apoya en el primario por intermedio de un cojinete de bolas o de rodillos, y sobre cojinetes de esa clase descansan siempre aquellos dos árboles, y a veces el contraeje, en el cárter de la caja de cambios.

Unidos a los desplazables van unos collares abrazados por las horquillas J y K a las que mueven unas barras correderas U (hay otra detrás, como se aprecia en el detalle) provistas de entalladuras H en las que penetra el dedo B, accionado por la palanca de mando, cuya maniobra por intermedio de las barras y las horquillas hace correr así hacia atrás o hacia delante uno u otro de los desplazables 6 y 7; los gatillos de retenida G, por la fuerza de sus resortes "m" se aplican contra unas muescas de las correderas, manteniendo al desplazable en la posición a la que se ha llevado. La figura representa el interior de una caja de tres velocidades con el extremo inferior B de la palanca actuando sobre las entalladuras H de las barras correderas. Ninguno de los piñones del secundario engrana con los del intermediario, posición llamada *punto muerto*, y entonces por los piñones de toma constante 1 y 2 el giro del motor llega al contraeje, pero no se comunica al secundario, por lo que no hay transmisión del movimiento a las ruedas, pudiendo funcionar el motor con el vehículo parado.

La *primera (1ª) velocidad* se obtiene cuando se lleva la palanca a la posición L, lo que desplaza la barra u horquilla K que abraza el collar del piñón 6, y éste viene a engranar con el 4. Ahora el movimiento del primario, que pasa al contraeje por los piñones en toma constante, llega a S (Fig. 2.2) haciéndoles girar con la velocidad que corresponde a la relación del número de dientes de los engranajes 1-2 y 4-6. Como el piñón 2 tiene más dientes que el 1, mientras el intermediario I da una vuelta habrá dado varias el motor; por la misma razón, a causa del engranaje 4-6, el secundario gira más despacio que el contraeje, por cuyo doble motivo el árbol S sólo dará una vuelta en tanto que el primario P da varias.

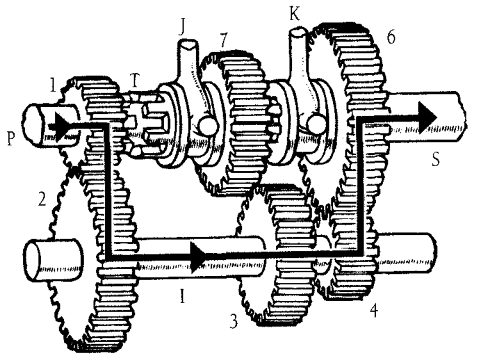


Figura 2.2.

Al pasar (Fig. 2.1) la palanca a M, se engrana la *segunda (2ª) velocidad*; para pasar de la posición L a la M ha abandonado la barra y la horquilla de 6 dejando a éste desplazable en

la misma situación que tenía en punto muerto, o sea desengranado del 4, y ha obligado a correr 7 hasta la altura del 3 (Fig. 2.3), comunicándose por el engranaje de éstos dos piñones la rotación del intermediario al árbol secundario, el cual girará a mayor velocidad que en el caso anterior porque el piñón que manda el movimiento, el 3, es mayor que el cuatro. Por tanto, ahora el secundario girará más deprisa que en 1ª velocidad, para la misma del motor, pero siempre más despacio que el primario P.

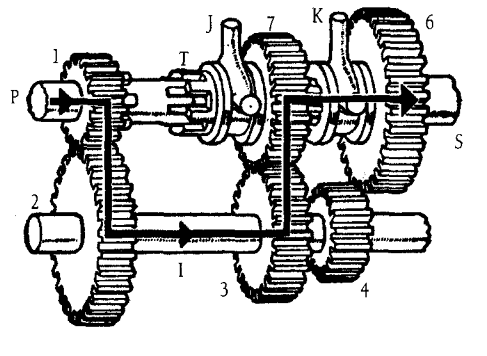


Figura 2.3.

Si la palanca de cambio pasa a la posición D (Fig. 2.1), arrastra al mismo piñón 7 hacia el primario, desengranándolo del 3, y realizándose la unión del primario y del secundario por los tetones T, sin que en la transmisión del movimiento intervenga el contraeje, que girará en vacío. Se consigue así la velocidad "directa", que es la *tercera (3ª) velocidad* en el caso de la figura, en la cual primario y secundario, es decir motor y transmisión, giran a igual velocidad.

En las tres combinaciones descritas el secundario gira en el mismo sentido que el primario, es decir "a derechas" mirando desde el radiador, resultando tres velocidades o marchas adelante. Para obtener la *marcha atrás* se hace intervenir un piñón Z en toma constante con el 5 del intermediario, con lo que al situar la palanca en R se corre hacia atrás el desplazable 6 (Fig. 2.4) que engrana con el piñón Z, y por el doble engranaje de 5-Z y Z-6 el sentido de giro del secundario, que es el mismo que el del contraeje, resulta opuesto al primario y se produce el retroceso del vehículo. En otras cajas de cambio, sobre el secundario va montada una rueda dentada que está siempre encima del piñón 5, y para obtener la marcha atrás viene a situarse entre ellos un piñón como el Z, que es desplazable en la misma forma que los del secundario.

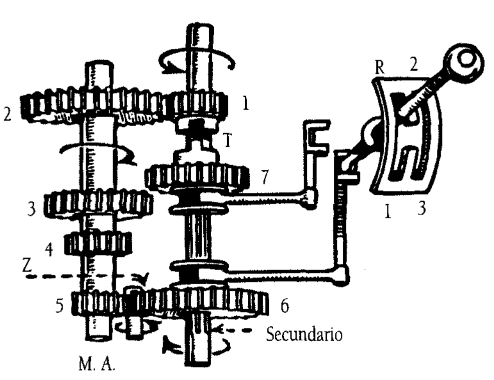


Figura 2.4.

En las figuras 2.2 y 2.4 se obtiene la directa por enganche de los tetones T, pero modernamente se usa el sistema de engrane interior en el desplazable 7 (Fig. 2.1).

2.1. Mando del cambio de velocidades

La *palanca del cambio* en los vehículos antiguos iba situada al costado derecho del vehículo, que llevaban la dirección a éste lado, transmitiéndose el mando a las barras correderas por medio de otra transversal. Después lo más corriente fue que se colocara en el centro del vehículo encima del cambio de marchas (Fig. 2.1); la palanca tiene un punto de giro en la rótula situada en una torrecilla que sobresale de la caja de velocidades; el

extremo inferior de la palanca se introduce en las escotaduras de las barras correderas cuya disposición, vista desde arriba, se muestra en la figura 2.5 para un cambio de tres velocidades adelante y marcha atrás. A la derecha se dibuja el esquema de las posiciones normalizadas, de uso casi universal, para la palanca; se ven en H las escotaduras de las barras correderas donde se introduce y oscila el extremo inferior o dedo de la palanca de mando. Cada barra lleva unas muescas en las que se mete un fiador de bola con resorte, manteniéndolas en la velocidad deseada o en punto muerto. En algunas cajas, otro fiador transversal F hace que al mover un desplazable el otro quede inmovilizado en la posición de punto muerto, de la que no puede salir hasta que el desplazable movido vuelve también a punto muerto, evitándose así que puedan moverse los dos a la vez.

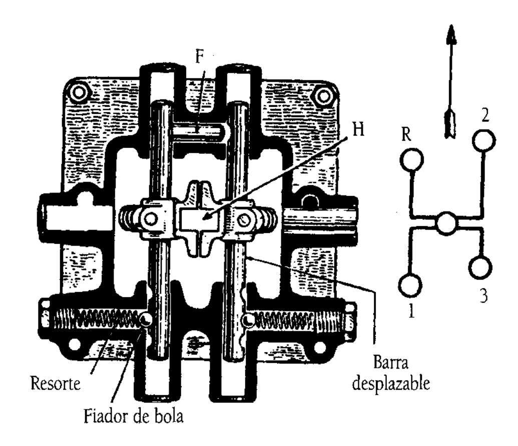


Figura 2.5.

Los cambios de cuatro velocidades adelante llevan un tercer desplazable para la M.A., siendo análogos en su constitución y en el mando (Fig. 2.9).

La palanca central se emplea, sobre todo, en los vehículos provistos de cuatro, o más, marchas adelante y en todos los de carácter deportivo.

3. CAJA DE CAMBIOS CON TOMA CONSTANTE

El tener que engranar un piñón desplazable con otro fijo, y ambos girando a grandes velocidades distintas entre sí, produce choques y desgastes que hacen ruidosas las operaciones de toma de contacto y de funcionamiento, sobre todo éste último, porque el ajuste por mucho cuidado que se tenga al montar la caja padece bastante al cabo de poco tiempo de uso por las duras condiciones de trabajo. Los engranajes de dientes rectos (Fig. 2.1), ya poco empleados, si no están muy bien centrados y ajustados no harán contacto completo entre sus dientes, que sufren mayores presiones de las debidas, y cuando engranan funcionan con un ruido sostenido, continuo, de fuerte ronroneo, molesto para los ocupantes, y que es síntoma de trabajo irregular, holguras y desalineaciones. Si el desgaste que sobreviene hace necesario reponer algún piñón, hay que cambiar los dos de la pareja que engrana, porque como el nuevo no es fácil que sea exactamente del mismo material y características que su compañero viejo, el más duro se "come" al blando, y rápidamente hay que efectuar nuevas reparaciones.

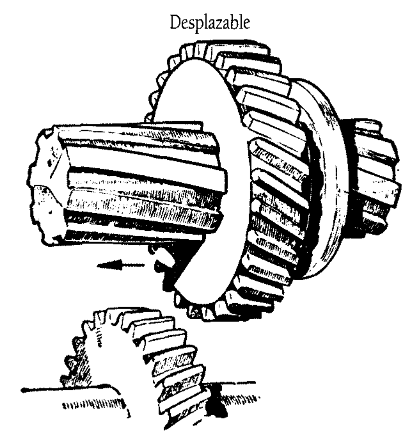


Figura 2.6.

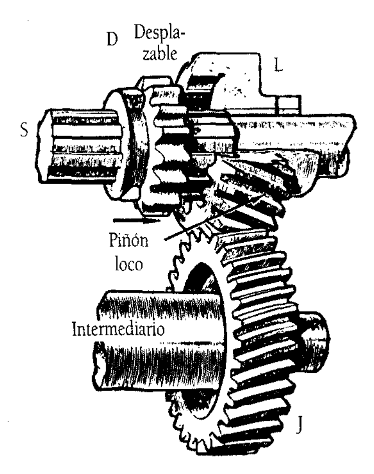


Figura 2.7.

Una solución parcial la proporcionan los engranajes oblicuos o helicoidales (Fig. 2.6), pues permiten un mejor y más completo contacto lateral entre sus dientes, por lo que funcionan con menos ruido; y para facilitar su engranaje, a la vez que mantenido el ajuste, suelen montarse los desplazables sobre ranuras inclinadas, también helicoidales, y en el mismo sentido que los dientes de los piñones. Combinando adecuadamente las inclinaciones de estrías y dientes se consigue un funcionamiento satisfactorio y bastante silencioso.

La solución mejor y más empleada actualmente es la de los *piñones en toma constante* (Fig. 2.7): el piñón J del intermediario engrana constantemente, y por tanto con fácil ajuste, con el piñón L montado loco sobre el árbol secundario; sobre las estrías de éste se desliza el pequeño desplazable D, que cuando se quiere que el secundario reciba movimiento se corre a engranar interiormente con el piñón loco L; el giro se transmite de J a L, y como éste se hace solidario de D, el secundario girará a la velocidad que el piñón L recibe constantemente de J. Se comprende que el montaje de los piñones en toma constante puede ser efectuado con toda precisión, sus dientes pueden ser inclinados, incluso en ambos sentidos como en la figura 2.9, y de ajuste muy cuidado, sin que el uso se altere en el grado que sufrirían si hubiesen de ser engranados y desengranados violenta y repetidamente, como los desplazables clásicos. Por otra parte, éstos sólo tienen uno o dos dientes en contacto por los que ha de transmitirse todo esfuerzo de rotación, mientras que el contacto entre D y L (Fig. 2.7) es simultáneo por todos sus dientes, que trabajan con menor esfuerzo cada uno, y además centrado, sin el desequilibrio y empuje del engranaje corriente.

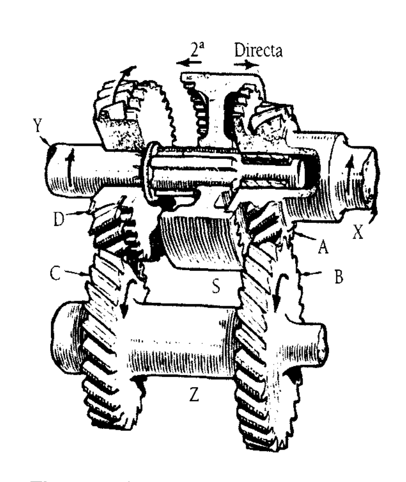


Figura 2.8.

Con arreglo a éste principio de "engranajes en toma constante" se construyen casi todas las cajas modernas, por lo menos para las velocidades directa y 3ª si el cambio es de cuatro marchas, o directa y 2ª si es de tres. El funcionamiento (Fig. 2.8) es el siguiente: el primario X termina en el engranaje normal A-B, que da movimiento al intermediario Z; el piñón C engrana constantemente con el D (de 2ª, por ejemplo) montado loco sobre el árbol secundario Y. Ambos engranajes son de dientes oblicuos para más fácil ajuste y mayor silencio. El desplazable S, montado sobre las estrías del secundario, toma movimiento o bien de A, posición de la figura para la marcha en directa, o bien de la parte de dientes rectos de D para la 2ª velocidad. En esta figura no se dibuja el desplazable de 1ª y M.A., o de 2ª y 1ª si el cambio fuese de cuatro marchas, que podrá ser del tipo clásico, ya que son combinaciones menos utilizadas.

4. CAMBIOS SINCRONIZADOS

El momento de engranar los piñones al efectuar el cambio de marchas sigue siendo ruidoso y expuesto a choques y fuertes rozamientos, con peligro del material, aun en los cambios con engranajes en toma constante. Un perfeccionamiento añadido a este sistema (Fig. 2.9) permite igualar, en el momento del cambio, las velocidades de rotación del desplazable S y de los engranajes de directa o 3ª, con lo que la toma de contacto y engrane se hará suavemente, sin choques ni ruidos, ya que los engranajes que se van a enlazar son del mismo diámetro. Para las explicaciones que siguen recuérdese que el motor está desembragado, condición indispensable para efectuar el cambio de marchas.

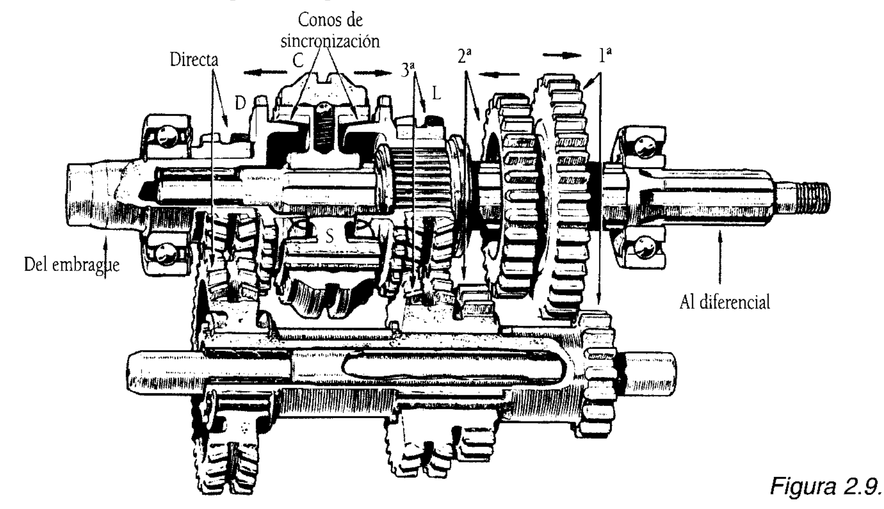


Figura 2.9.

La figura representa una caja de cuatro velocidades. El piñón loco del secundario para la 3ª L está montado sobre un cojinete de agujas. El desplazable S de directa y 3ª está formado por dos cuerpos: el interior S lleva su periferia ranurada exactamente igual a la de los piñones con los que ha de engranar la corona exterior C, deslizante sobre los dientes de S. Entre C y S hay un fiador de bola con resorte para que se mantengan normalmente unidos sin que C pueda desplazarse a uno u otro lado sobre S. La horquilla que manda el desplazable se encaja en la garganta exterior de C.

Supóngase que se quiere meter la directa. Al mover la palanca del cambio, la horquilla traslada el desplazable hacia la izquierda y se ponen en contacto los conos de sincronización de este lado: el cono hembra llevado por el cuerpo interior S, y el macho que forma parte del piñón de directa S, ambos visibles en la figura. Embragados ambos conos, se igualan las velocidades de rotación del primario y del secundario, y al forzar con la palanca del cambio de fiador de bola, sigue a la izquierda la corona C, que engrana suavemente sus dientes interiores con los exteriores de D, y por ella se transmite el movimiento al cuerpo central S del desplazable.

La organización del desplazable se muestra en la figura 2.10: la horquilla H mueve la corona exterior C que arrastra consigo, por el enlace del fiador de bolas, el cuerpo interior S hasta que entra en contacto el cono-hembra F, del desplazable, con el macho M del primario y su piñón de engrane P. El funcionamiento se detalla en la figura 2.11: en 1 está el desplazable en punto muerto, con su cono separado del cono del primario; en 2, la horquilla ha

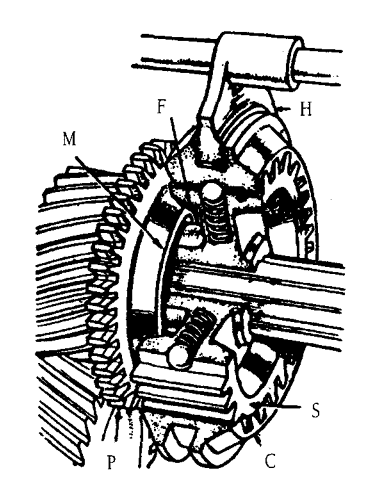


Figura 2.10.

movido el desplazable hasta que los conos han entrado en contacto, igualando las velocidades de rotación. Al seguir moviendo la palanca de mando(3), la horquilla vence el fiador de bola y desliza la corona C sobre el cuerpo central S, engranando suavemente con P porque previamente han sido embragados y sus dientes giran a la misma velocidad. P y S se hacen solidarios porque se queda C engranada a caballo sobre ambos piñones.

El paso a 3ª velocidad, o a 2ª si el cambio fuese de tres marchas, se muestra en la figura 2.12. En 1 se ve como la palanca del cambio, que ha pasado de directa a punto muerto, mueve luego el desplazable hasta que los conos de sincronización entran en contacto; en ese momento se nota una pequeña resistencia para seguir moviendo la palanca producida por el fiador de bola: se hace una ligera pausa, esperando para permitir el embrague completo de los conos que igualan la velocidad del desplazable con la del piñón loco L de 3ª, y después se continúa el movimiento de la palanca 2 hasta que la corona hace solidarios el desplazable y el piñón de 3ª L.

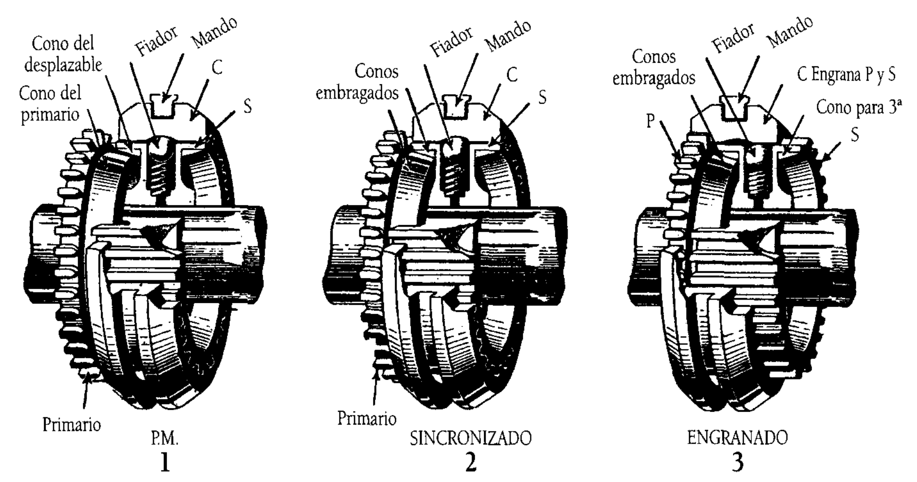


Figura 2.11.

Otro sistema muy empleado es el de la figura 2.13: los conos hembras de sincronización, en vez de formar cuerpo con el desplazable, van separados en anillos A y B. El desplazable S lleva en la periferia tres ranuras, igualmente espaciadas, en las que se alojan las tres chavetas T a la vez que entran en otras tres estrías de la corona C, y también lateralmente encajan en las muescas M de los anillos A y B. Las chapas T tienen holgura, quedando apretadas contra la corona exterior C por los aros de alambre L que son resortes que tienden a abrirse.

Cuando C se manda desplazar por ejemplo a la izquierda, arrastra por el saliente F, que hace el efecto de la bola explicada en las figuras anteriores, a las chapas T y éstas empujan el anillo A

para que su cono embrague con el de P, poniendo este piñón a su velocidad. Al continuar el desplazamiento de C, no puede seguirle T, que cede comprimiendo los aros resortes L, y permite que C siga a engranar primero en los dientes de A y luego en los de P.

El funcionamiento es tan bueno o mejor que con los fiadores de bola, y se tiene la ventaja de que las piezas que más se desgastan, los conos hembras A y B, pueden reponerse sin tener que cambiar todo el cuerpo S.

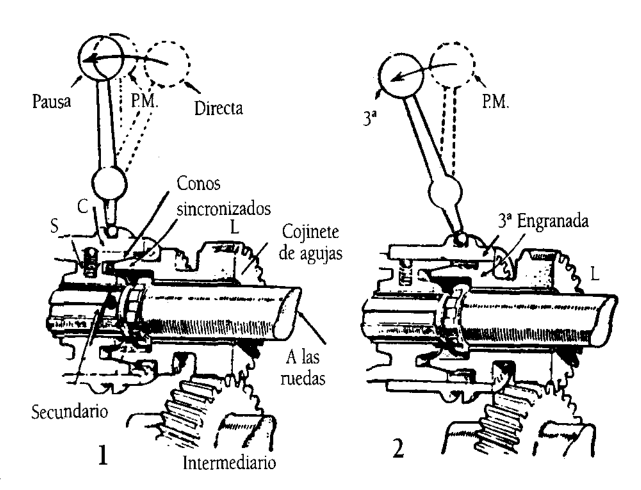


Figura 2.12.

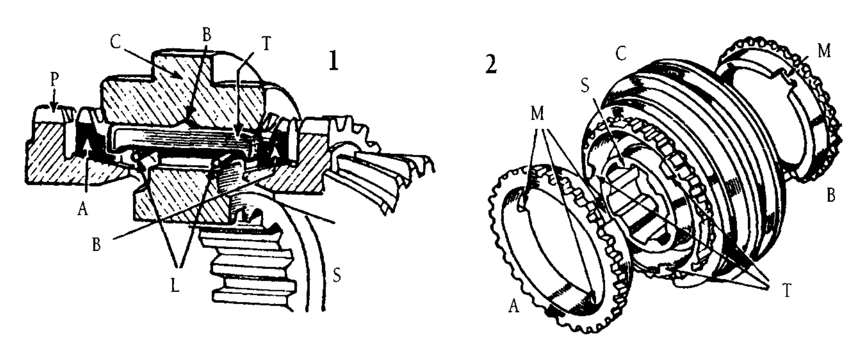


Figura 2.13.

Los desplazables con conos de sincronización pueden disponerse para todas las marchas adelante del vehículo; pero por razones de economía, y teniendo en cuenta que la combinación más baja del cambio sólo se usa para arrancar, maniobrar o en raras circunstancias, suele prescindirse de la 1ª velocidad.

5. NÚMERO DE MARCHAS

Las cada vez mejores carreteras, con curvas y pavimentos más adecuados a los conductores, han hecho posible la circulación a gran velocidad durante largos trayectos. Por otra parte, la congestión del tráfico en muchas vías y la conducción urbana, a velocidades más reducidas y con paradas que requieren como compensación aceleraciones brillantes, o sea con el motor girando deprisa, no permiten el uso de la directa, pues si ésta se hiciera "corta" el vehículo iría con el motor embalado y gastando mucho en carretera libre; y si, teniendo a ésta lógicamente en cuenta, se monta "larga", el tráfico normal urbano o en condiciones no aptas para altas velocidades, se habrá de hacer con una de las combinaciones intermedias, siempre menos silenciosa que la directa y de menos rendimiento porque todo engranaje consume alguna potencia.

Los automóviles potentes, tipo americano, aun con tres velocidades superan bien esas diferencias tan grandes de circulación, porque su sobrada potencia da bastante; incluso a rotaciones muy bajas del motor sostienen la directa y podría marcharse con éstas entre 30 y 140 kph Pero los de tipo europeo, de hasta los dos litros de cilindrada, han de aprovechar muy bien sus menos caballos, manteniendo el motor en límites más estrechos y altos de giro para funcionar con la mayor parte posible de su potencia. De aquí que tres combinaciones en el cambio sean escasas para las tan diversas condiciones de la circulación actual, y sea lo corriente montar cajas de cuatro o cinco marchas adelante.

Con ellas, la conducción urbana puede hacerse en 2ª ó 3ª, y se reserva la 4ª y 5ª para correr en llano por buenas carreteras sin abuso mecánico del motor. Aunque las actuales cajas son silenciosas, el uso de engranajes siempre produce zumbido y aumenta ligeramente el consumo. Por esta razón, algunas marcas hacen directa la 4ª y la 5ª es una multiplicada o "sobredirecta": se obtiene como las combinaciones inferiores, pero el tamaño de los piñones se calcula de modo que la rotación pasada por el intermediario al secundario aumenta respecto a la del motor, en vez de ser disminuida. Esos vehículos pretenden resultar más aptos para la circulación por la ciudad y caminos movidos, si bien en llano alcanzan gran velocidad mediante la "sobremarcha". La diferencia con las cajas normales de cuatro velocidades prácticamente apenas se nota.

En realidad, el concepto de "directa" está desapareciendo, pues en bastantes automóviles, sobre todo los pequeños, ninguna combinación del cambio es directa, o sea, que todas tienen engranajes que pasan el giro motor a la transmisión disminuido en proporciones diversas para las marchas 1ª, 2ª y 3ª y aumentando ligeramente para "cuarta", que por eso ya no es "directa" propiamente dicha.

5.1. La supermarcha ("Overdrive")

Algunos vehículos potentes llevan a la salida de la caja de cambios un mecanismo que proporciona, automáticamente o a voluntad, una nueva combinación de engranajes. Puede funcionar sólo cuando la palanca de cambios está en 2ª o en directa, quedando automáticamente anulado en 1ª y M.A.. Pero como tanto en 2ª como en directa proporciona una combinación más, resulta que el vehículo tiene realmente cinco marchas adelante: 1ª, 2ª y supersegunda, directa y superdirecta.

Este mecanismo se acciona por medio de un interruptor que hay en el tablero de instrumentos. Cuando funciona, el paso de una marcha a la supermarcha se hace casi automáticamente y sin tener que usar el embrague. Por ello es muy práctico para marchar con tráfico denso en población, pues con 2ª y supersegunda se puede llevar el vehículo despacio y lo bastante deprisa, con gran potencia de aceleración, sin tener que ocuparse del pedal del embrague ni manecilla del cambio.

Otra ventaja es que, en carretera y a gran velocidad, yendo en superdirecta el motor va "descansado" a menos revoluciones, que en directa normal, y esto se traduce en un pequeño pero apreciable ahorro en el gasto de combustible, en mayor duración del motor, que para los mismos kilómetros de recorrido habrá girado menos vueltas y además la conducción es más cómoda.

El mecanismo dispone de una rueda libre y un engranaje planetario (Fig. 2.14) compuesto por un planeta, aquí piñón fijo e inmóvil P, sobre el que ruedan varios satélites S, cuyos ejes se unen formando caja giratoria D, y que a su vez engranan con la corona dentada interiormente C, unida al árbol de transmisión a las ruedas. En estas condiciones, si D gira, los piñones S ruedan sobre P y arrastran en el mismo sentido a la corona C, que se

moverá a una velocidad de rotación dependiente de los diámetros elegidos para S y P. En este caso, los engranajes se calculan de modo que la velocidad de giro de la corona C resulte mayor que la de la caja de satélites D.

El mecanismo de la supermarcha, superdirecta o supersegunda, consiste en lo siguiente (Fig. 2.15):

La continuación A del secundario de la caja de cambios (véase detalle 1) lleva una parte lisa y termina en otra estriada. Sobre la primera se monta loco un manguito-planeta con dientes de engrane D y G. La parte D lleva a su izquierda el plato con tetones B a cuyo lado está el anillo P, y el collar C con el que puede moverse todo el planeta a un lado y a otro, a lo largo de la parte lisa de A. La parte dentada G es la que hace de verdadero planeta en el engranaje epicicloidal cuyos satélites son los tres como F, y cuya corona es O.

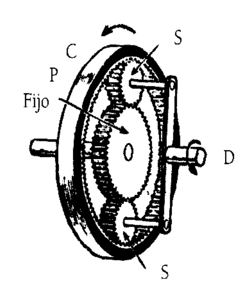


Figura 2.14.

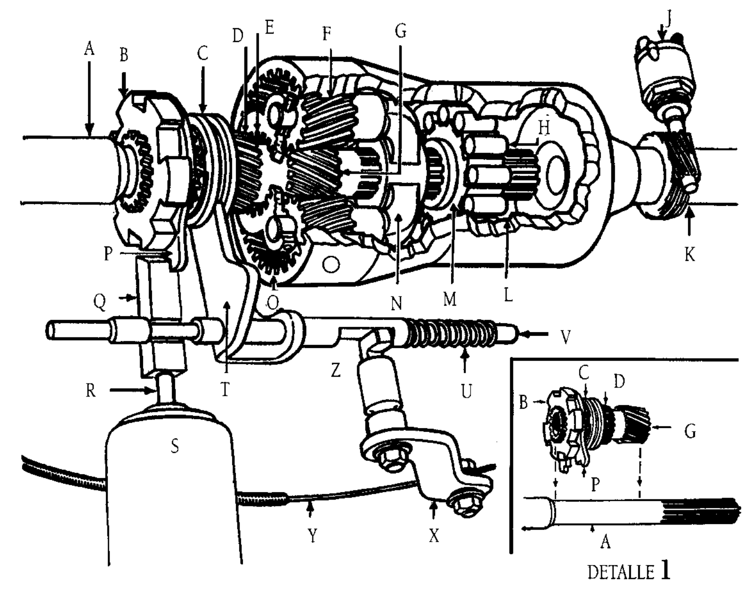


Figura 2.15.

En la parte estriada del secundario A van montados: primero la caja N de los satélites F, y a continuación el miembro conductor M del mecanismo de rueda libre, cuyos rodillos se ven en la figura. Por consiguiente, los satélites y el miembro conductor de la rueda libre giran siempre con la velocidad que les viene del motor.

El miembro conducido L de esta rueda libre forma parte de la campana en que termina el árbol de la transmisión K, campana que llega hasta acabar en la corona O. Así pues la corona del engranaje planetario y el miembro conducido de la rueda libre forman parte del árbol de la transmisión y giran con arreglo a la velocidad del vehículo.

En la transmisión hay un regulador centrífugo J, del tipo de bolas, que cierra o abre un interruptor eléctrico que manda corriente al electroimán S. Dentro de éste, un resorte retiene el trinquete Q, que puede ir a encajarse en las muescas del plato B, inmovilizándolo. Cuando J alcanza

bastante velocidad y envía corriente a S, la fuerza del electroimán vence al resorte y lanza Q a encajarse e inmovilizar B. Al bajar la velocidad de K de un cierto límite previsto por el fabricante, J interrumpe la corriente, se desactiva el electroimán S, y el resorte retira Q y se libera B.

Cuando se acciona el interruptor para anular el "overdrive", el cable bowden Y tira de la palanca X, y el dedo Z gira empujando el eje V a la derecha; entonces la horquilla T corre el collar C y el planeta engancha sus dientes D en los E de la caja de satélites, la transmisión es directa, bien en 2ª o en 3ª y el overdrive queda anulado.

Cuando se activa el sistema (Fig. 2.15) el muelle U desplaza V a la izquierda, liberándose la muesca de Q del regruesamiento que lo apestillaba, con ello puede salir hacia B cuando active con corriente el electroimán S. Al mismo tiempo, la horquilla T retira los dientes D del planeta de los E de la caja de satélites, de modo que el engranaje planetario está listo para funcionar.

6. CAJA DE CAMBIOS CON GRUPO CÓNICO Y DIFERENCIAL

Utilizada en los vehículos de tracción directa y en particular en los de tracción y motor delanteros (Fig. 2.16). El funcionamiento es análogo a la caja de cambios de toma constante, transmitiéndose el movimiento del árbol principal o primario al árbol secundario; en éste va montado el piñón de ataque del grupo cónico.

Con esta disposición el conjunto queda simplificado, su tamaño sensiblemente reducido, de sencillez mecánica y se economizan elementos al no tener árbol de transmisión.

Estas cajas de cambio se suelen fabricar con una marcha superdirecta.

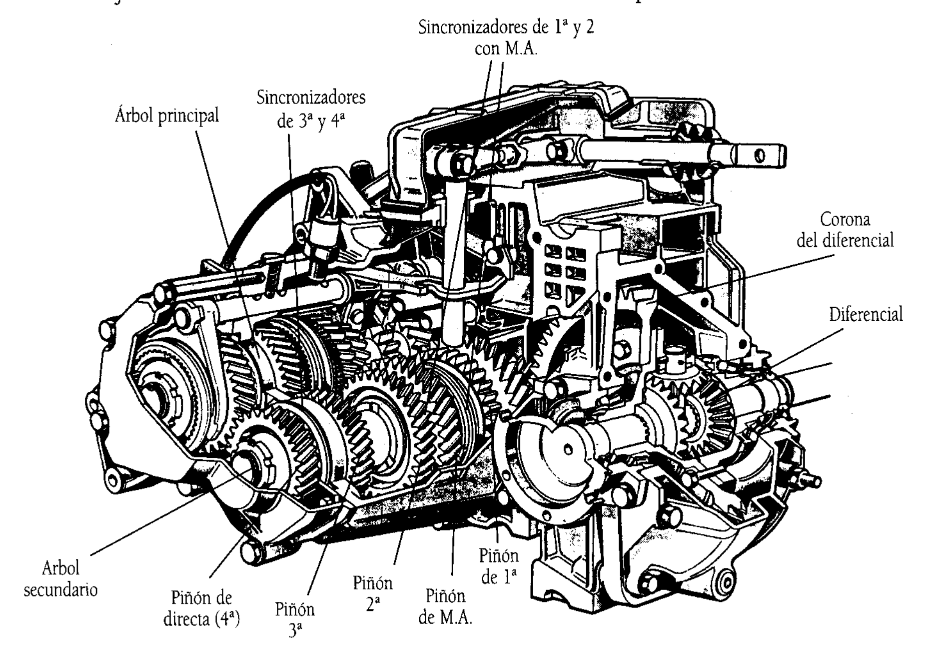


Figura 2.16.

7. CAJA DE CAMBIOS CON ENGRANAJES PLANETARIOS (TRENES EPICICLOIDALES). CAJAS WILSON

La aplicación de los engranajes planetarios, trenes epicicloidales, a las cajas de cambio de velocidades tuvo lugar en los primeros tiempos del automóvil (Lanchester, Oldsmobile). Después los utilizó Ford en su famoso modelo T hasta 1927, en que fueron desterrados casi por completo del campo automovilista, vencidos por el cambio de trenes desplazables, ideado por Panhard en 1892, y que desde su principio fue de uso universal a pesar de lo antimecánico de su concepción y manejo. "Es brutal, pero funciona", era la frase con que el propio inventor lo defendía de los reproches que se hacían a su mecanismo. Las velocidades intermedias silenciosas por engranajes en toma constante y los cambios sincronizados, son perfeccionamientos que hacen silenciosa y fácil de manejar la caja clásica.

En 1929 empezó a aplicarse de nuevo a los automóviles el cambio por engranajes planetarios con el modelo ideado durante la guerra 1914-1918 por el mayor Wilson y que tuvo sus primeras aplicaciones en los carros de combate. Fue utilizado por Daimler, combinado con el turbo embrague ya descrito, aplicándose más a los autobuses.

Las principales características son: *posibilidad de prescindir del embrague*, pues los efectos de resbalamiento y acoplamiento o embrague se obtienen aquí por medio de las cintas de freno de los tambores, y la *preselección* de las velocidades.

Funcionamiento. La figura 2.17 representa, en esquema, la combinación de engranajes de un cambio Wilson de cuatro velocidades adelante y marcha atrás. Consta de cuatro tambores para 1ª, 2ª, 3ª y M.A., y un embrague D para la directa. Cada tambor puede inmovilizarse por medio de un freno de cinta que se aplica por el exterior y lleva su interior dentado en forma de corona en la cual engranan los satélites (en la figura se dibujan dos para mayor claridad, pero en la práctica se usan tres para cada corona) y éstos a su vez engranan con el piñón central o planeta. El árbol motor M lleva la parte macho del embrague D, pasa libremente por el eje de giro de la parte hembra y del planeta de 3ª, y lleva enclavados sobre él los planetas de 2ª y 1ª. El árbol T de transmisión al puente trasero está unido a la armadura de los satélites de 1ª y M.A. y pasa libremente a través del planeta de M.A.. Las demás partes del cambio están enlazadas entre sí del modo que se ve en la figura.

El número de dientes de los planetas, satélites y coronas se calcula de modo que resulten las desmultiplicaciones convenientes. Para obtener cada velocidad se frena e inmoviliza la correspondiente corona, con lo que la rotación que llega por M obliga a girar el siste-

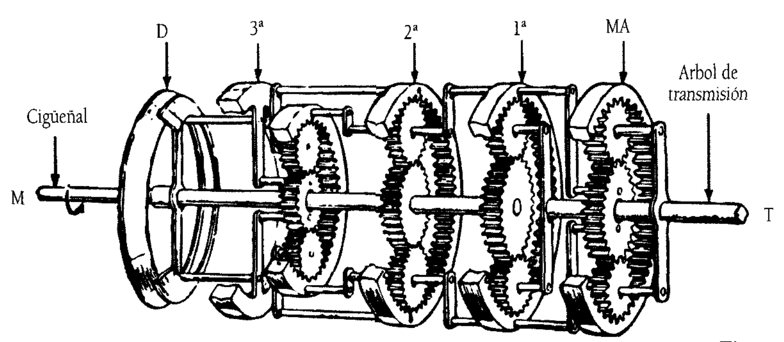


Figura 2.17.

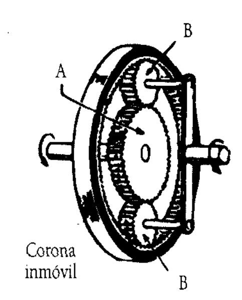
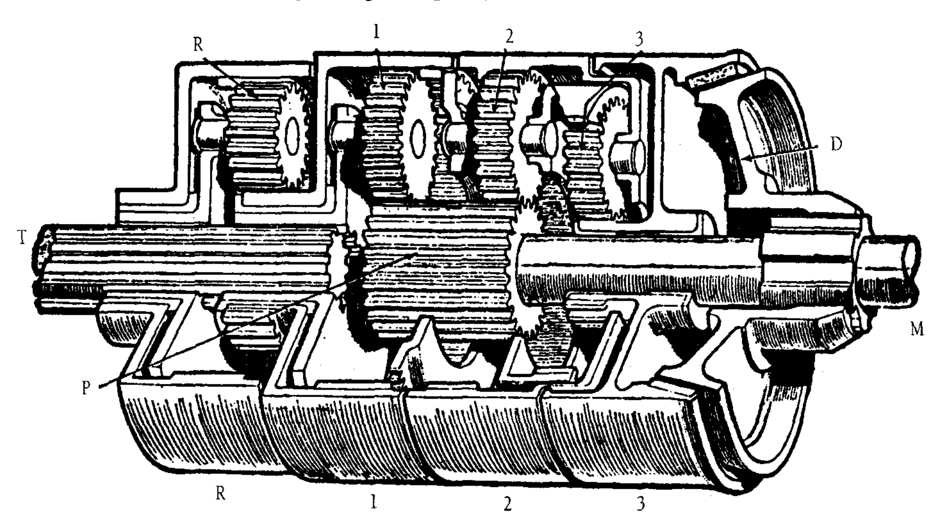


Figura 2.18.

ma de engranajes, resultando la desmultiplicación deseada en el giro que sale por T hacia el eje trasero del vehículo. Por ejemplo: en 1ª velocidad se frena la corona de 1ª, estando libres las demás y separado el embrague D. El motor, unido al planeta de 1ª, obliga en su giro a que los satélites rueden sobre la corona quieta girando su caja, que está unida al árbol de transmisión T. Para obtener la 1ª no intervienen más engranajes que los correspondientes a su tambor inmovilizado (Fig. 2.18).

Para obtener la 2ª se frena su corona, interviniendo en la reducción resultante los planetarios de 1ª y 2ª; cuando se frena la corona de 3ª entran en juego su planetario y los de 1ª y 2ª; y, por último, para la directa (Fig. 2.17) se dejan libres todos los tambores; el embrague D se cierra y por tanto el motor en su giro arrastra al tambor y planeta de 3ª. Como también giran los planetas de 1ª y 2ª, resultan imposibles movimientos relativos de rotación entre lo satélites coronas y planetas de las tres marchas, y el conjunto girará todo con la velocidad del motor, sin que ningún engranaje se mueva con relación a los otros.



Cambio planetario Wilson. M, árbol motor; T, árbol del transmisión; P, planeta de 1ª y 2ª; R, 1, 2 y 3, engranajes y tambores de MA; 1ª, 2ª y 3ª, velocidades; D, embrague de directa.

Figura 2.19.

Marcha atrás. El árbol motor obliga a girar al planeta de 1ª con su misma velocidad. Los satélites de 1ª y de M.A. girarán a la misma velocidad de marcha atrás, puesto que sus armaduras están unidas a la transmisión. La corona de M.A. está inmovilizada por su freno exterior. La corona de 1ª y el planeta de M.A., loco sobre el árbol de transmisión, están enlazados y girarán a una cierta velocidad de rotación que dará como resultado para la caja de satélites de M.A., unidos a los de 1ª y por tanto a la transmisión, la velocidad de retromarcha.

Mando. La figura 2.19 representa un cambio Wilson en sus verdaderas proporciones y construcción. El embrague D, que fue de cono durante mucho tiempo, en la actualidad es

de discos. Los planetas de 1ª y 2ª son un solo piñón central P, y los tambores de 1ª y 2ª son también iguales entre sí.

Los frenos que inmovilizan cada uno de los tambores son de la forma de la figura 2.20: la mitad de la anchura del tambor T es frenada por una cinta X con un extremo fijo en la barra G, y la otra mitad es frenada por la cinta equivalente Z que, con un extremo fijo a F y accionada por la biela I, oprime la cinta X, frenando e inmovilizando entre las dos el tambor T. De esta forma se consigue una presión uniforme sobre la periferia del tambor, no se ejercen esfuerzos de flexión sobre los ejes contenidos en el interior de los tambores y no son necesarios cojinetes intermedios entre los diferentes trenes de coronas y satélites. Los frenos tienden a enrollarse y apretarse sobre los tambores, cuando el motor tira del vehículo. El desgaste de las cintas es casi inapreciable; su apriete es muy enérgico y no patinan aunque van, como todo el cambio, sumergidas en un baño de aceite fluido.

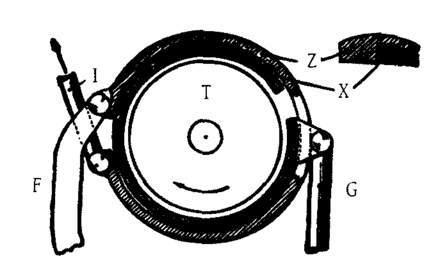


Figura 2.20.

El mando de los frenos, o sea de las diferentes velocidades, se hace desde el volante de dirección (Fig. 2.21) con una manecilla preselectora que por medio de una transmisión adecuada prepara la combinación de velocidades que se desea girando un árbol de levas que, contenido en la misma caja del cambio, acciona cuatro sistemas de palancas y fiadores con resortes, uno para cada tambor, que mandan los frenos correspondientes.

Una vez "preparada" la velocidad se acciona el cambio por medio del pedal que en los automóviles normales corresponde al embrague.

Durante la marcha con la velocidad metida se puede accionar la manecilla de la figura 2.21, preparando otra combinación.

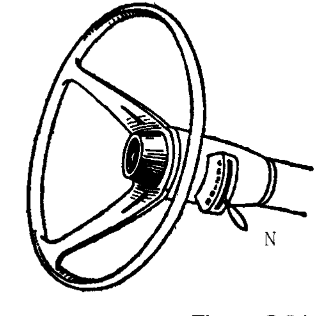


Figura 2.21.

Conducción. Resulta imposible producir una avería por descuido en el manejo. Si por ejemplo yendo en directa se mete la M.A., se producirá un fuerte patinazo en el tambor de M.A., con un brusco frenado del vehículo, pero no hay temor de romper engranajes ni árboles de transmisión. El paso correcto de unas a otras velocidades, si es de menor a mayor, requiere soltar el acelerador como de costumbre y si es de mayor a menor debe conservarse pisado el acelerador para que el motor se acelere durante el breve momento en que está desembragado por pisar el pedal de mando. Todas las maniobras se suavizan aún más si entre el motor y el cambio se intercala el embrague hidráulico.

El funcionamiento es silencioso en todas las velocidades por estar la totalidad de los engranajes en toma constante. Las velocidades de giro de satélites y coronas son inferiores a la de giro del motor, característica propia de éste cambio planetario, y el esfuerzo a transmitir se reparte en gran número de dientes de los engranajes.

El engrase se consigue por dos bombas de émbolos movidas, una por el árbol que viene del motor, y la otra por el que sale a la transmisión: así se asegura una lubricación abundante aun en el caso de llevar el motor parado por avería o remolque.

Cambio Cotal. Está basado, como el Wilson, en la combinación de engranajes planetarios, pero la inmovilización de los piñones o coronas, cuyas combinaciones proporcionan las diferentes marchas, no se consigue por frenos mecánicos, sino por electroimanes que atraen e inmovilizan sus armaduras, solidarias en el giro de dichos engranajes. El mando consiste en el envío de corriente a unos u otros de los electroimanes. El modelo más reciente, el *Electrofluid*, va acoplado a un turbo embrague.

8. CAJAS DE CAMBIO AUTOMÁTICAS

8.1. Introducción

A partir de 1940 se extendió rápidamente entre los fabricantes americanos el uso del embrague hidráulico, que había sido primeramente aplicado al automóvil en Inglaterra diez años antes; pero en Estados Unidos se buscaba, sobre todo, un automatismo en el cambio todavía mayor que el proporcionado por el Wilson, para procurar la mayor comodidad al conductor a la vez que impartir suavidad en la transmisión de fuerza a las ruedas. El éxito fue tal que ya la mayoría de los automóviles vendidos en USA durante el trienio 1955-57 estaban dotados de transmisión automática; a partir de 1957 se extendió en Europa la posibilidad de adquirirla.

En líneas generales, tres son los principales sistemas que han venido empleándose:

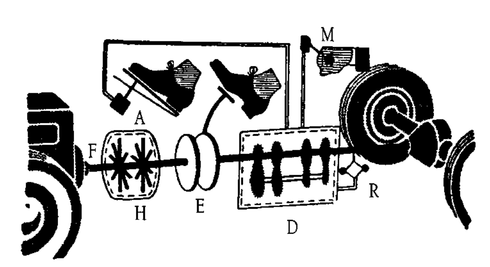


Figura 2.22.

1°. ***Turbo embrague con caja de cambios por desplazables*** de mando semiautomático y un embrague mecánico de disco en seco con su correspondiente pedal. El esquema de la transmisión se diseña en la figura 2.22: la fuerza del motor F pasa por el acoplamiento hidráulico H y sigue por el embrague mecánico E a la caja de cambios por desplazables D que da dos marchas adelante elegidas con la palanquita de mano M; pero cada una de estas marchas se divide en otras dos mandadas automática y conjuntamente por el acelerador A, el vacío de la admisión y un regulador R que depende de la velocidad del vehículo.

Este sistema "fluid-drive" comenzó a servirse en los vehículos Chrysler de 1941 con el nombre de "Vacamatic", y rápidamente se extendió a los De Soto y Dodge bajo la denominación "Simplimatic". Análogos fueron los "Liquimatic" y "Turbomatic" usados por Mercury, Lincoln y Studebaker, algunas veces combinados con un "overdrive".

Después, con la modificación de usar fuerza hidráulica en vez del vacío de la admisión, desde 1946, para mover los desplazables y otros perfeccionamientos de detalle, dió lugar a la *Transmisión M.6*, usada por distintas marcas con los nombres de "Prestomatic", "Tiptoe-shift", "Gyromatic" y "Hy-drive". Esta transmisión[1] fue sustituida a partir de 1953 por otra del tercer grupo, convertidor de par con caja de planetarios. Actualmente es poco usado el sistema.

2°. ***Turbo embrague con caja de cambios enteramente automática de engranajes planetarios***, accionada por fuerza hidráulica según la posición del acelerador combinada con la velocidad del automóvil. Es la transmisión conocida con la marca "Hydramatic" que apareció

en 1940 en los Oldsmobile y posteriormente es el sistema empleado a petición, o en serie, en muchos modelos.

El esquema (Fig. 2.23) muestra el paso de la fuerza desde el motor F por el embrague hidráulico H a la caja de planetarios L en la que dos juegos de engranajes dan las cuatro marchas adelante automáticamente por la acción combinada del acelerador A con un regulador R gobernado por la velocidad del vehículo. No se usa pedal de embrague.

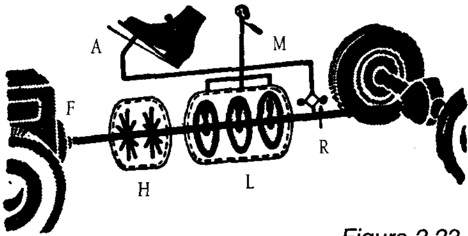


Figura 2.23.

La palanca M sirve para mandar a mano la M.A., el punto muerto y el funcionamiento de sólo 1ª y 2ª en mal terreno.

Tanto la Hydramatic como las del tipo M.6, por el hecho de utilizar un turbo embrague que se calienta en el resbalamiento, implican un suplemento de consumo de combustible que no pasará del 5 por 100 si no se abusa de aquel; es decir, si no se obliga sistemáticamente a que vaya resbalando por llevar el motor apurado a régimen de pocas revoluciones.

La conducción con Hydramatic resulta cómoda y con suave flexibilidad de marcha, así como de excelente aceleración en las arrancadas del tráfico urbano, que compensan el mayor coste de adquisición y el pequeño aumento en el consumo de combustible.

3°. ***Convertidor de par con caja de planetarios prácticamente automática.*** El "convertidor" es un embrague hidráulico al que por añadirle una o más coronas de álabes se consigue que convierta el resbalamiento en mayor esfuerzo de giro (par), es decir, que lo que pierde en velocidad se gana en fuerza. Esto ya equivale a un cambio automático continuo, no por escalones como cuando se pasa de una a otra combinación de engranajes. Como no se puede hacer un convertidor de par que dé toda la amplitud de variación necesaria, se añaden dos o tres combinaciones, según las marcadas automáticamente por la caja de planetarios.

El esquema (Fig. 2.24) señala el paso de la fuerza del motor F por el convertidor hidráulico CH y caja de planetarios L gobernada por la palanquita M que da dos combinaciones únicas: "marcha normal" y "reducida" para casos excepcionales, pues la variación que dentro de cada una de ellas se consigue en el Hydramatic con dos escalones de pase automático, aquí es la que de modo continuo da el convertidor de par CH, aparte del pase automático que puede haber entre dos combinaciones de engranajes de L.

Al no existir pedal de embrague la conducción resulta más cómoda o suave; prácticamente con los motores americanos de 200 a 300 CV, no hay que ocuparse del cambio, solamente de acelerador y freno; pero el consumo de combustible puede subir un 20 por 100 respecto al de los mismos vehículos con caja normal de desplazables.

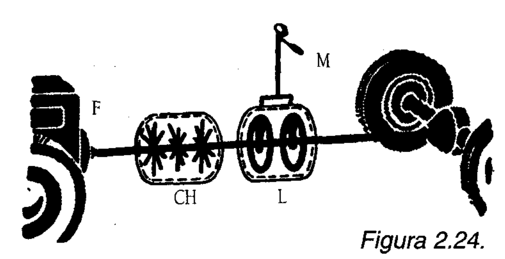


Figura 2.24.

Los primeros modelos de ésta clase fueron usados por los autobuses Leyland y luego por los de General Motors. En 1948 se aplicó el sistema a vehículos de turismo con la transmisión "Dynaflow", de Buick. Posteriormente la han ido montando, con pequeñas variantes todas las marcas americanas que no emplean la Hydramatic, y algunas europeas en sus modelos medios y grandes.

8.2. Convertidores de par

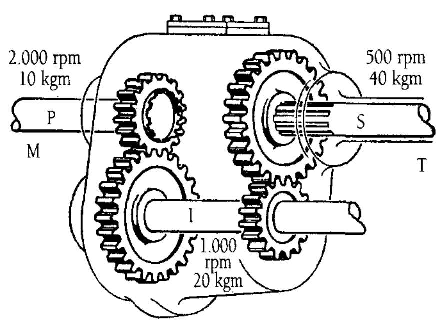


Figura 2.25.

8.2.1. Convertidor mecánico de par

La conversión del par es, precisamente, lo que se realiza en una caja de cambios por engranajes, sean éstos desplazables o planetarios. En efecto (Fig. 2.25), suponiendo que los piñones grandes tengan doble número de dientes que los pequeños, el eje intermedio I girará a mitad de revoluciones que el primario P que trae el "esfuerzo torsional" del motor, así que esta fuerza de giro en una vuelta de P se aplica sólo durante media vuelta de I, o lo que es lo mismo: en cada vuelta, I recibe dos "vueltas de esfuerzos" de P. Si P trae un "par motor" de 10 kilográmetros, I gira a mitad de revoluciones pero con un par de 20 kilográmetros. Del mismo modo, el secundario S envía a la transmisión 40 kilográmetros de esfuerzo rotatorio, cuatro veces el par motor a sólo la cuarta parte de revoluciones. Lo que se gana en fuerza se pierde en velocidad, permaneciendo la misma potencia: en el caso supuesto de la figura, por P llegan 28 CV (10 Kgm. de par a 2.000 rpm, véase la fórmula explicada al principio de este libro bajo el epígrafe "Par motor"), y por S salen los mismos 28 CV, pero a 500 rpm con 40 Kgm. de par. La caja de engranajes es, pues, un *convertidor mecánico de par.*

8.2.2. Convertidor hidráulico

Supóngase un molino de agua: es una caída de líquido que choca con las paletas de una rueda y la hace girar. A mayor altura de la caída, la velocidad del agua es también más grande, y por tanto lo es también la fuerza actuante sobre la paleta. El par rotor en el eje de la rueda habrá aumentado. Este es, precisamente, el funcionamiento de los convertidores hidráulicos de par.

Una bomba B (Fig. 2.26), parecida a la de los embragues hidráulicos, montada a modo de volante V en el extremo del motor M, gira y manda un chorro de aceite sobre los álabes del rotor R, solidario del árbol de la transmisión T. El líquido forma, como ya se dijo, un torbellino tórico de la forma que se mostró en la figura 1.17, detallándose el camino seguido por una partícula de aceite en la figura 2.27. Dicho torbellino, pese a sus reducidas dimensiones, adquiere la firmeza suficiente para transmitir hasta 200 y 300 CV de potencia, claro está que la velocidad del aceite es tan grande que, midiendo la salida de la bomba B, se puede llegar a los diez mil litros por minuto, lo que representa darle hasta mil pasadas en ese breve tiempo al que cabe en todo el aparato (unos diez litros de aceite especial).

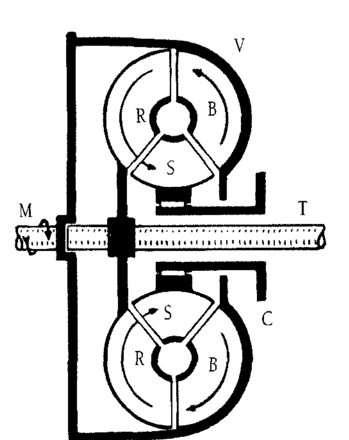


Figura 2.26.

El aceite así lanzado incide sobre los álabes del rotor R y le hace girar comunicando la potencia del motor a las ruedas del vehículo. En el turbo-embrague ya explicado, si las ruedas tenían fuerte resistencia que vencer (una cuesta arriba, por ejemplo), el rotor R resbala ante el impulsor B, sin que el par motor pudiera aumentar por-

que, al girar R más despacio, el aceite que sale de sus álabes o paletas lo hace con un ángulo inadecuado para regresar bien canalizado entre los de B, chocando contra ellos y convirtiéndose en calor la potencia perdida por el resbalamiento.

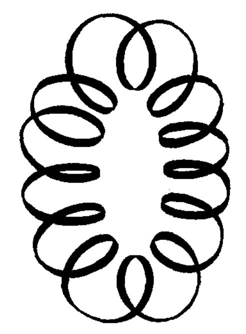


Figura 2.27.

Pero si se coloca una corona de álabes S, llamada *estátor* o *reactor* según que esté fija o pueda girar, entre la salida de R y la entrada de B, con la inclinación de sus paletas adecuadamente calculada, el aceite que sale cuando R gira más despacio que B es guiado para entrar en B con la orientación corregida, de forma que su velocidad se sume con la que le imprimirán los álabes de B. De este modo, al llegar de nuevo a R lo hará a mayor velocidad que cuando R iba tan deprisa como B. Así pues ocurre como al aumentar la altura de la caída de agua en el molino: el par motor en el eje de R (T, transmisión) ha crecido en la misma proporción en que ha disminuído su velocidad de rotación respecto a B (motor). Se comprende que los álabes de S han de ser curvos para cambiar la orientación del aceite, y curvos son también los de B y R, lo que constituye una diferencia con los del simple embrague hidráulico, que los usa rectos como ya se dijo.

El efecto del reactor o estátor S se explica gráficamente en la figura 2.28, que muestra la diferencia entre un embrague hidráulico 1 y el convertidor 2. En el primero, el líquido impulsado por la bomba B lo envía la fuerza centrífuga por la periferia a dejar su fuerza en los álabes de la turbina receptora R, y regresa directamente a B; para el buen rendimiento deben girar B y R a la misma o muy parecida velocidad, pues el resbalamiento ya se dijo que se convertía en calor. En cambio, el convertidor 2 está hecho precisamente para que B y R puedan marchar a distinta velocidad sin pérdida sensible de energía, lo que se consigue con el regreso del líquido de R a B (véase también figura 2.26). Los álabes de S le imprimen la dirección adecuada para entrar sin choque en los de B, que va más deprisa que R; S actúa como un punto de apoyo para cambio de dirección sin perder fuerza.

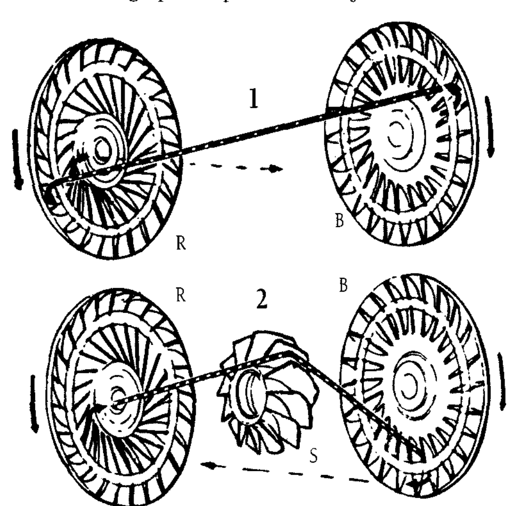


Figura 2.28.

La corona de paletas S se coloca unas veces fija (estátor) sobre el cárter C del aparato, o sea, respecto al bastidor del vehículo, con lo que parece actuar como punto de apoyo o apalancamiento fijo para la fuerza viva del aceite, pero es más corriente montar S en rueda libre (reactor) como si fuera un punto de apoyo movible y variable con las diferencias de velocidad entre B y R. Es conveniente hacerlo así porque cuando hay resbalamiento y el convertidor actúa como tal, o sea, en las arrancadas, aceleraciones y subidas de rampas, al acelerar a fondo, toda la fuerza del motor la pasa la bomba B al líquido que sale de las paletas más lentas de R, con velocidad en dirección y fuerza tales que, al incidir

sobre las de S, inmoviliza esta corona, ahora estátor, y apoyándose sobre sus paletas cambia la dirección para entrar en B con su propia velocidad orientada para sumarse enteramente a la que el impulsor vuelve a comunicarle, aumentando el par de R al pasar otra vez por este rotor. Esto se comprende, además, si se piensa que al girar más despacio sus álabes pasa por ellos más cantidad de líquido y, por tanto, reciben "más cantidad de fuerza", como ocurría en el caso de los engranajes de la figura 2.25.

En cambio, cuando el automóvil avanza a buena velocidad desahogado, no es preciso que el par motor sea tan grande; lo que conviene en este caso es transmitir velocidad, y no multiplicar innecesariamente el par, de modo que el ya menor impulso recibido del motor por B hace girar deprisa a R y entonces es preferible que S pueda también hacerlo (reactor) para dejar paso libre al líquido sin ofrecerle apoyo ni cambio de orientación, funcionando así el mecanismo como un simple embrague hidráulico (directa). En cuanto aparece resistencia notable en R y reduce su velocidad, la orientación de salida del líquido actúa nuevamente en los álabes de S como antes se explicó, tiende a parar esta corona hasta convertirla en estátor y multiplicar el par gracias a ella.

La variación de par, y por tanto de velocidad, no puede ser muy amplia porque bajaría demasiado el rendimiento. En la práctica, no se pasa de una multiplicación del par 2 a 3, lo que equivale a reducción de la velocidad a la mitad. Cuanto más trabaja como convertidor el rendimiento es más bajo, con gran calentamiento del líquido, que muchas veces necesita un radiador especial para enfriarse, y con el mayor consumo de combustible ya citado, de un 20 por cien o más. Pero la comodidad de marcha es muy grande, no sólo para el conductor, sino para los pasajeros, ya que no hay "escalones" en el cambio de velocidades ni sus tirones o frenadas correspondientes. Sin embargo, en ocasiones resulta un tanto desconcertante sentir que el motor gira deprisa con el vehículo despacio sin notarse el acoplamiento como en los otros cambios.

El aparato funciona como convertidor desde la arrancada hasta que el vehículo alcanza la velocidad a partir de la cual el motor puede llevarlo siempre en "directa", con el convertidor trabajando como simple embrague hidráulico. Dado que la variación de par posible es usualmente tan sólo del orden de 1 a 2,2 ó 2,6 se comprende que el sistema sólo sería apto para los vehículos potentes, tipo americano, que aguantan mucho la directa. Se necesitan motores con tanta potencia que puedan desperdiciar parte de ella en pagarse la comodidad de conducción y marcha. Por ello, al convertidor de par se le añade una caja de engranajes planetarios que da dos o tres combinaciones adelante y cuyo funcionamiento y mando son análogos a los del Hydramatic. En éste, el embrague hidráulico (par constante) se complementa con cuatro marchas de pase automático. En los convertidores, la multiplicación del par ya es como un cambio continuo dentro de cada una de las dos o tres marchas, de pase automático dos de ellas. En cuanto al apreciable aumento en el consumo de combustible, según el precio que éste tenga será más o menos sensible, razón por la cual en América se usa extensamente el convertidor de par, que requiere el empleo de gasolina de alto octanaje para atender la elevada compresión de los motores, de los que con este recurso se saca la potencia suplementaria citada antes.

Lo mismo que el Hydramatic y por las mismas razones, a los conductores y talleres de reparaciones generales les está vedado tocar los mecanismos y reglajes, que sólo deberán ser revisados y reparados por especialistas autorizados por los fabricantes del automóvil o del cambio-convertidor. El entretenimiento se limita a la limpieza exterior, engrase y relleno o cambio de líquido (aceite de la clase que señale la casa constructora, y que es diferente de unos a otros modelos).

8.3. Transmisión "Hydramatic"

Los vehículos provistos de la transmisión Hydramatic carecen del embrague clásico y su pedal; no tienen más que los de acelerador y freno. En la columna del la dirección hay una palanquita (como la N de la figura 2.21) que admite cuatro posiciones: "N" (*neutral*, punto muerto); "DR" (*driving*, marcha normal en la que las cuatro combinaciones adelante pasan automáticamente); "Lo" (*low*, baja, en la que sólo funcionan 1ª y 2ª para uso excepcional en terreno malo o cuestas pronunciadas); y "R" (*reverse*, marcha atrás).

Para arrancar el motor la palanca debe estar en "N". Después se pasa a "DR" y se arranca el vehículo con el acelerador. Los cambios son totalmente automáticos entre las cuatro marchas adelante. En algunos casos, como subida de fuertes rampas, marcha por arena, nieve o fango, freno con el motor al bajar cuestas pronunciadas, etc., puede ser conveniente eliminar el uso de 3ª y 4ª, entonces se pasa la palanca a "Lo".

Un regulador centrífugo que gira proporcionalmente a la velocidad de la transmisión a las ruedas, o sea la del vehículo, manda hidráulicamente el paso de unas a otras combinaciones del cambio, pero así como llevando el acelerador sin pisar (por ejemplo, al bajar una pendiente) los pasos tienen lugar de 1ª a 2ª a 9 Km/h; de 2ª a 3ª a 18, y de 3ª a directa a 27, si se lleva el acelerador a fondo (subiendo una cuesta o cuando se quiere una aceleración brillante) los pasos ocurren a 27, 56, y 107 kilómetros por hora respectivamente. Estas velocidades son presentadas como un ejemplo. En otros casos tienen los valores que el constructor cree más convenientes según el tipo de motor y características del vehículo, pero análogas a las citadas.

Así, pues, el regulador tiene modificada su actuación por un mando también hidráulico desde el acelerador, y la posición de éste ajusta el momento de intervenir aquél. Los mandos, que luego se verá donde actúan, se materializan con cintas de freno sobre tambores y con embragues interiores de discos, unos y otros accionados hidráulicamente por aceite a presión; el aceite es el mismo que rellena la caja de cambios y el turbo embrague y la presión la proporcionan dos bombas de engranajes o de paletas situadas en el fondo de dicha caja, una movida por el eje que trae el giro del motor y la otra por la transmisión a las ruedas. De éste modo combinadas, en toda ocasión el aceite tiene presión suficiente para actuar, a través y mediante válvulas distribuidoras, los frenos de cinta y los embragues, lo que hace mediante pistones y resortes análogos a los usados en los frenos hidráulicos.

Cada engranaje planetario (Fig. 2.14) consta de: *corona* dentada interiormente, *planeta* central, y *satélites* que en número de tres se articulan a una caja o armadura giratoria con el conjunto de ellos. Si se supone el planeta P inmovilizado y la corona C gira en sentido de la flecha, la caja D de los satélites S es arrastrada también a izquierdas con velocidad resultante de la de C y del número de dientes de los tres elementos. Si es la corona la que se inmoviliza (Fig. 2.18), el giro del planeta A arrastra la caja de los satélites. Si no hay ningún elemento fijo, el giro de los otros dos es libre.

El esquema de conjunto del Hydramatic se representa en la figura 2.29, como si se hubiese cortado a lo largo por el centro. A partir de la izquierda se dibuja el extremo tubular del cigüeñal que gira al volante hueco V (en cuyo interior está el turbo embrague H compuesto por el impulsor o bomba B y la turbina o rotor R); el volante se prolonga por el manguito M hasta la corona del planetario delantero 1, que resulta ser la terminación del cigüeñal.

El impulsor B del turbo embrague va unido a un manguito o eje intermediario I, interior al M, que se une a la caja de satélites S del planetario 1 y termina en el embrague E´ del planetario 2. Este embrague giratorio de discos múltiples sumergidos en aceite puede enlazar la corona C´ del segundo planetario a la bomba B, y está accionado por varios pistones bajo presión de aceite (mando hidráulico citado antes).

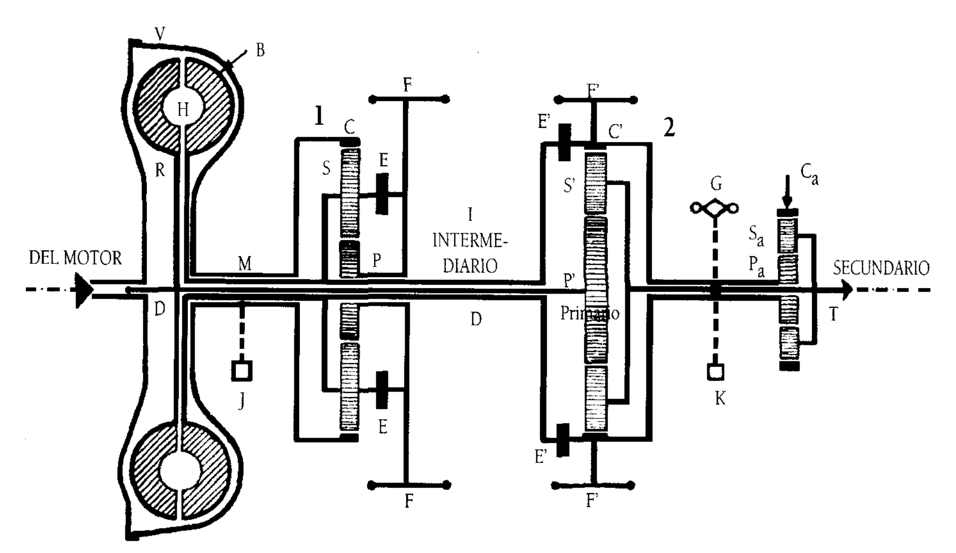


Figura 2.29.

El rotor R del turbo embrague se une al eje primario D, que termina en el planeta P´ del segundo engranaje. Obsérvese que en realidad el turbo embrague trabaja entre los dos planetarios, pues el giro del motor llega directamente hasta C; si el planeta P está inmovilizado por el freno de cinta apretado sobre su tambor F, la corona arrastra la caja de satélites S y obliga a girar al impulsor B, éste arrastra al rotor R por el ya conocido fundamento del turbo embrague, y su esfuerzo rotatorio llega por el eje interior D hasta el planeta P´ del segundo engranaje.

En rojo se marca a la derecha el enlace de la caja S´ del planetario 2, con la transmisión T a las ruedas, árbol secundario.

En el planetario 1 el embrague E puede o no enlazar los satélites al planeta P. En el 2 el embrague E´ puede unir o no a la corona C´ a la caja de satélites S del 1 e impulsor B. En cada engranaje si el freno sobre el tambor está apretado, el embrague está libre; y si éste está embragado, el freno se hallará suelto. No pueden estar a un tiempo apretados freno y embrague, pero sí pueden estar ambos sueltos. Las combinaciones entre los dos frenos y los dos embragues proporcionan las cuatro marchas:

Primera: F frenado, E libre; F´ frenado, E´ libre (frenos apretados y embragues sueltos). El giro del motor llega por V y M a C. Como P está inmovilizado por el freno F, la corona C arrastra los satélites S a velocidad ya reducida por la relación de engranajes; B transmite el esfuerzo al rotor R a través del torbellino tórico de aceite, y por D llega el giro a P´. Como C´ está inmovilizado por el freno F´, P´ arrastra a los satélites S´ que obligan a girar con ésta nueva reducción la transmisión T a las ruedas. La reducción se hace en 1 y en 2.

Segunda: F libre, E embragado; F´ frenado, E´ libre. Como S y P forman cuerpo mediante el embrague E, la caja S gira con C, o sea que B lo hace a la velocidad del motor, sin reducción. De R sigue la rotación a P´, actuando el planetario 2 igual que en 1ª. La reducción es sólo en 2.

Tercera: F frenado, E libre; F´ libre, E´ embragado. El planetario 1 actúa como en 1ª, reduciendo la velocidad del motor, pero al llegar el giro a P´, como C´ gira a la misma velocidad, porque está enlazado por E´ con la bomba B, y su freno F´ está flojo, resulta que S´ está cogido entre C´ y P´, que giran a igual velocidad, por lo que ésta misma marcha se comunica a T y ruedas. La reducción es sólo en 1.

Cuarta o directa: F libre, E embragado (con lo que 1 no reduce, como en 2ª); F´ libre, E´ embragado, de modo que el planetario 2, lo mismo que en 3ª tampoco reduce y la transmisión es directa.

Marcha atrás: la corona C_a de éste planetario de M.A. puede enclavarse pero no por freno de cinta, sino porque también lleva dentada la cara externa y cuando se pasa a "R" la palanquita del volante, avanza un piñón fijo que engrana y enclava por fuera a C_a. El planeta P_a está enlazado a la corona C´ del planetario 2, y la caja de satélites S_a al árbol de transmisión T.

F está frenado; E, F´ y E´ libres; y C_a enclavado. El giro pasa y se reduce por el planetario 1 como en 3ª, llega a P´ y hace girar a este planeta a derechas. S_a y S´ girarán a la misma velocidad de marcha atrás, puesto que sus armaduras están unidas a la transmisión. La corona C´ y el planeta P_a, loco sobre el secundario, están enlazados y girarán a una cierta velocidad de rotación que dará como resultado para la caja de satélites S_a, unida a S´ y a la transmisión, la velocidad de retromarcha.

Transmisión del par motor. En 3ª y 4ª se ha visto (Fig. 2.29) que S´ queda cogido entre C´ y P´ que giran a igual velocidad y por tanto lo arrastran consigo. Pero debe observarse que mientras a P´ le llega el giro por D a través del turbo embrague H, en cambio C´ a causa del embrague E gira con I y S, o sea que le llega el esfuerzo de giro, llamado "par motor", directa y mecánicamente desde el motor por V, M y C, sin pasar por H. Esto quiere decir que en 3ª y 4ª del par motor llega parte, un 60 por 100, mecánicamente y sólo un 40 por 100, así está calculado el mecanismo, a través del turbo embrague. Con ello se consigue disminuir el "resbalamiento" característico del turbo embrague y perjudicial, por excesivo, a bajas velocidades; también permite con facilidad poner el vehículo en marcha empujándolo, pues recíprocamente el giro de las ruedas transmite su esfuerzo mecánicamente al motor y le obliga a girar, con lo que puede encenderse.

Aparte de esta disminución del resbalamiento en 3ª y 4ª, el Hydramatic tiene una ventaja sobre los embragues hidráulicos corrientes que se debe al hecho de trabajar el turbo embrague entre los dos planetarios 1 y 2; cuando el vehículo se detiene con el motor en marcha el giro del impulsor B, que tiende a dar un arrastre sobre el rotor R a la transmisión, o sea a empujar suavemente el vehículo, no es el de ralentí del motor sino bastante más pequeño, porque como automáticamente el cambio habrá descendido hasta 1ª, funciona el planetario 1 y por tanto B girará con ésta reducción, por lo que "oprimirá" todavía menos a R.

Una vista cortada del cambio Hydramatic se representa en la figura 2.30, cuya leyenda explica la situación y enlaces de los elementos mecánicos explicados, y a partir del número 17 los hidráulicos del mando que a continuación se citan. En este modelo, que se usa también en algunos carros de combate, el efecto del segundo planetario está repartido en dos: la caja de los satélites 11 se une a la corona siguiente 12, y los planetas de ambos 2 y 3 están enclavados sobre el mismo primario D. El funcionamiento respecto al antes descrito solo varía en que el giro resultante en 11 en vez de pasar a T se comunica a la corona 12; entre

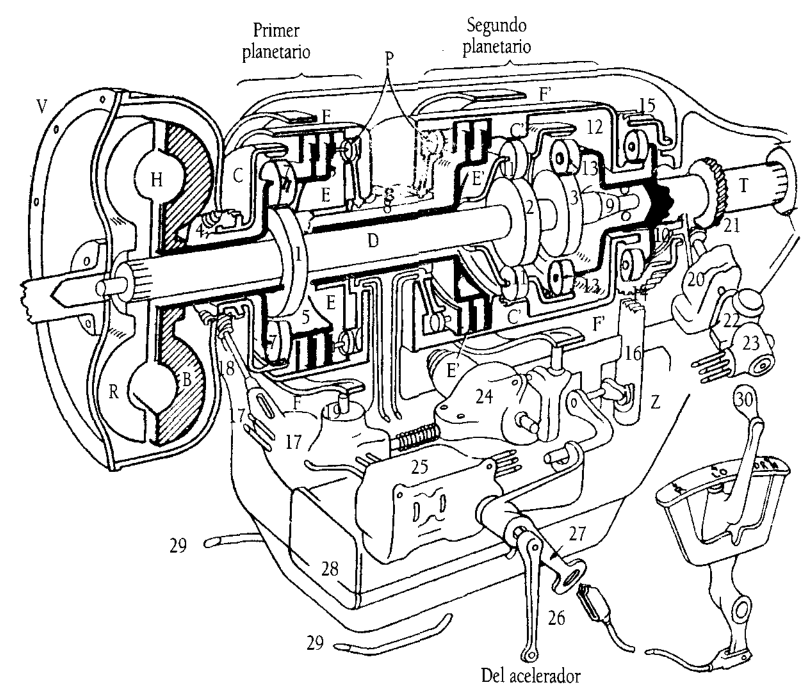


Figura 2.30.

V, volante del motor, y vuelta del embrague hidráulico H, cuyo giro llega a la corona C del primer planetario.

4, enlace amortiguador entre V y C, que llevan muchos modelos.

B, impulsor del embrague hidráulico que recibe el giro de la caja de satélites 7-7 del primer planetario.

R, rotor del turbo-embrague montado sobre el eje D al que hace girar. Sobre este eje D están calados el planeta o planetas, 2 ó 2 y 3, del segundo planetario, según sea sencillo como es lo corriente (Fig. 2.29) o doble; en esta figura es doble.

1, planeta primero unido al tambor cuya cinta de freno es F.

E-E, embrague de disco del primer planetario que une o desacopla el tambor F a la caja de satélites 7-7.

E´-E´, embrague de discos del segundo planetario que une o desacopla el tambor o la corona C´ y tambor F´ a la caja de satélites 7 del primer planetario e impulsor B del turbo embrague.

P, pistones de mando de los embragues E y E´.

2-11-C´, planeta, satélite y coronas del segundo planetario. Si éste lleva dos engranajes, como en esta figura y en la 2.5, el planeta, satélite y corona del segundo son 3, 13 y 12.

8, apoyo intermedio entre los dos planetarios.

5 y 6, campanas interiores o mandriles huecos de los embragues E y E´´.

T, árbol de la transmisión unido a las cajas de satélites 14, del planetario D "marcha atrás", y 13, último del segundo planetario, que en la figura 2.29 son los Sa y S´.

9, apoyo con rodamiento de bolas del extremo del árbol D en el comienzo de T.

10, planeta de M.A., Pa en la figura 2.29.

15, corona de M.A., Ca, con dientes exteriores para ser inmovilizada por el fiador 16 cuando por el mando 30 bajo el volante se acciona el pestillo Z.
17, primera bomba de aceite, accionada por el volante del motor mediante el sinfín 18.
19, servo hidráulico que acciona el freno F.
20, segunda bomba de aceite, accionada por el árbol de la transmisión T mediante el sinfín 21.
22, *regulador* centrífugo, movido por el mismo eje de la bomba 20, con su caja 23 para la entrada de aceite a presión de 80 libras y dos salidas a presiones variables con la velocidad del vehículo.
24, servo hidráulico que acciona el freno F'.
25, caja que contiene:
- El *distribuidor*, con sus tres válvulas de corredera.
- El selector.
- El compensador.
- El *retardador*, accionado por el pedal acelerador mediante la palanca 26.
- La corredera del *control manual*, movida por la palanca 30 bajo el volante y varillaje 27.

28, radiador de aceite que existe en algunos modelos, refrigerado con el agua del motor que llega y sale por los tubos 29.

* * * *

ésta y el planeta 3 arrastran a 13 a la transmisión T con la velocidad desmultiplicada por los dos planetarios 2 y 3.

Como se ve, el que sea sencillo o doble el segundo planetario apenas influye en el funcionamiento mecánico y es completamente indiferente en cuanto al mando hidráulico, que es exactamente igual en ambos casos.

Mandos. Los que operan automáticamente el paso de unas a otras velocidades van dentro o a un costado de la caja de cambios. (Los mandos y su funcionamiento, que se exponen en la figura 2.31, son casi los mismos en todos los modelos de Hydramatic que más adelante se citan y para los cuales son prácticamente válidas las explicaciones fundamentales que aquí se dan).

1) Las dos *bombas* que dan presión al aceite (Fig. 2.29):

La primera J movida por el eje motor M, prolongación del cigüeñal, que realiza la lubricación de los mecanismos y el llenado del turbo embrague H, ofreciendo así la ventaja de que éste no necesita ser hermético como los descritos más atrás, puesto que el relleno de impulsor y rotor queda asegurado con la bomba J, la cual además da aceite a presión para mover los mecanismos de la caja.

La segunda K movida por el árbol de la transmisión, que añade su flujo de aceite a la J para pasar todo él por una válvula de descarga niveladora que mantiene constante la presión de salida a 80 libras (5,6 kilogramos).

Con las dos bombas se tiene aceite a presión tanto en ralentí, vehículo parado, como en remolque, a motor parado.

Desde la válvula niveladora el aceite a 80 libras de presión, sígase también en la figura 2.31 desde Ñ, es llevado por tuberías a:

2) El *regulador* centrífugo G, movido desde la transmisión por el mismo engranaje que la segunda bomba K. Este regulador lleva dos válvulas de émbolo o corredera como la N, que regulan

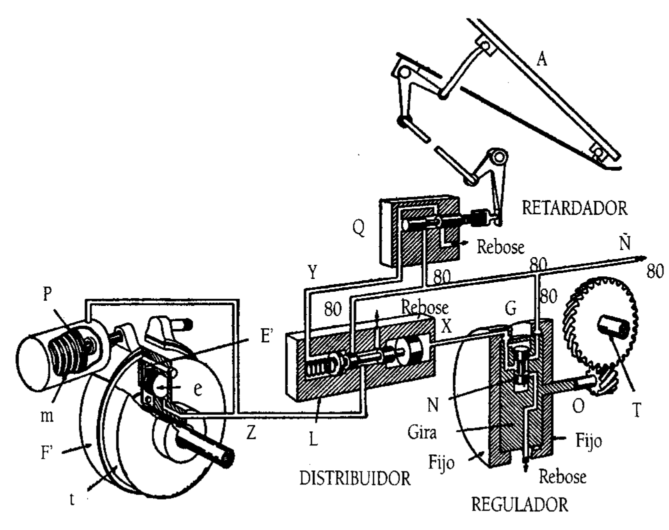


Figura 2.31.

el paso del aceite procedente de la niveladora, rebajan más o menos su presión según la velocidad del vehículo y lo dirigen por dos tuberías, como X, una desde cada corredera N al distribuidor L.

3) El *retardador* Q lleva una válvula de corredera accionada por un mando mecánico desde el acelerador A. Le llega el aceite a presión de 80 libras desde la niveladora y sale por Y, a presión más o menos reducida según la posición de la corredera, hacia el distribuidor L.

4) El *distribuidor* L es el cerebro de la Hydramatic. En su interior hay tres correderas, de las que sólo se dibuja una para mayor sencillez, que reciben por varios conductos aceite a otras tantas y distintas presiones, actuando como "estímulos" y que proceden:

a) De la válvula niveladora, bombas, aceite a 80 libras de presión constante.
b) Del regulador G, por tubería X, dos llegadas de aceite a presiones proporcionales a la velocidad del vehículo.
c) Del retardador Q, por la tubería Y, aceite a presión tanto mayor cuanto más se pise el acelerador.

Las válvulas de corredera "reaccionan" al compás de esas diversas y variables presiones y "ordenan" enviando el aceite a 80 libras por tuberías como la Z, el accionamiento de los embrague E y frenos F que convienen a cada una de las cuatro marchas adelante. En la figura 2.31 se diseña este mando para el segundo planetario: el embrague E´ se aprieta cuando el aceite a presión actúa sobre los émbolos "e" (hay varios repartidos en el tambor "t"); el freno se afloja cuando el aceite a presión desplaza a la izquierda el pistón P venciendo el fuerte muelle de apriete "m". (En el primer planetario el embrague se acciona del mismo modo; pero el freno es al revés, pues no teniendo el resorte "m" es el aceite quien empuja desde la izquierda al pistón para apretar el freno de cinta sobre el tambor correspondiente.)

Lo que ocurre dentro del distribuidor L se fundamenta en lo siguiente: cuando la velocidad del vehículo aumenta, por el engranaje T-O girará más deprisa el regulador G, y las válvulas de corredera como N tienden a salir hacia fuera descubriendo la entrada del aceite a 80 libras de presión, aceite que pasa por entre los dos cuerpos de N al tubo X y llega al distribuidor L a empujar a la izquierda el émbolo que, a su vez, descubre la entrada del aceite a 80 en el distribuidor, pasando así por el tubo Z a uno u otro de los engranajes planetarios a accionar el embrague E´ por medio de los émbolos "e", y también los frenos de cinta F al actuar sobre el pistón P. Esto ocurre cuando el aumento de velocidad tiene lugar con pocos gases, cambios de marcha operados a bajas velocidades del vehículo; pero si a la vez se pisa el acelerador A, el cambio se retrasará hasta que haya alcanzado mayor

velocidad. En efecto: al pisar A se empuja por intermedio de un muelle la corredera interior del retardador Q, descubriendo el paso para que el aceite a 80 libras llegue por Y a oponerse en L al movimiento de su corredera hacia la izquierda, o sea, a retrasar el momento en que el aceite a 80 siga por Z a actuar el cambio en el juego de embragues y frenos E´ y F´. Esta combinación de velocidad del vehículo y acelerador es la que da elasticidad al mando y permite sostener las combinaciones bajas más tiempo (hasta que al alcanzar más velocidad, ésta se impone) cuando se pisa a fondo que cuando por necesitarse pocos gases el vehículo puede sostenerse muy bien en 4ª ó 3ª a poca marcha.

Queda por explicar el *mando manual* efectuado con la palanquita bajo el volante que puede ocupar las posiciones N-DR-Lo-R. Con ella se acciona mecánicamente otra válvula de corredera situada a la salida de la niveladora, o sea intercalada entre ésta y el punto Ñ, antes del conjunto "regulador-retardador-distribuidor" G-Q-L. No se ha mencionado hasta ahora porque lo que se explicó corresponde a las cuatros marchas adelante, posición DR; en cualquiera de todas sus posiciones su misión es enviar o no el aceite a 80 libras hasta los órganos que conviene lo reciban para obtener el "punto muerto", las citadas cuatro marchas adelante, la supresión de 3ª y 4ª para que solamente funcionen 1ª y 2ª en límites más amplios, y la M.A., como luego se detallará.

En la figura 2.30 se dibuja la colocación de los elementos de mando descritos; la leyenda a partir del número 17 los detalla explicando el enlace mutuo.

8.3.1. Hydramatic "Dual-Range"

A partir de 1953, en algunas marcas americanas y en las inglesas Rolls-Royce y Bentley, se montó el modelo "Dual-Range" del Hydramatic. Siendo substancialmente análogo al explicado, ofrece una posición más para la palanquita bajo el volante, intermedia entre "DR" (cuatro marchas) y "Lo" (sólo 1ª y 2ª). La nueva posición proporciona el uso de sólo las tres primeras marchas (1ª, 2ª y 3ª) también con más margen de velocidad para cada una en "DR", muy adecuada para conducir por caminos montañosos y en tráfico urbano: en éste permite aceleraciones brillantes, y en aquellos, la subida potente y el enérgico frenado por el motor en los descensos, sin que llegue a ser tan excesivo como ocurre en los modelos que usan para esto la posición "Lo" (frenado con 2ª velocidad). Además, el cambio forzado (pisando el acelerador más allá de la posición de máximos gases), que sólo existía para el paso de 4ª a 3ª, es ahora factible en el nuevo modelo también para 3ª-2ª y 2ª-1ª.

Estas innovaciones se combinan con una desmultiplicación menor en el par cónico del puente motriz, o sea, que en "DR", para la misma velocidad del vehículo el motor gira más despacio (economía en combustible y desgaste), puesto que la nueva combinación intermedia de las tres velocidades permite una flexibilidad de marcha y adaptación a las circunstancias de tráfico y pendientes aún mejor que la anterior.

La complicación en el mando hidráulico es poco mayor. El paso de "DR" a la intermedia o a "Lo" se hace en marcha sin tener que tomar precaución alguna. En cambio, *en todos los Hydramatic el paso de la manecilla a "R" requiere tener el vehículo rigurosamente parado*, so pena de romper dientes de la corona de "marcha atrás" o del fiador que lo enclava.

8.3.2. Hydramatic con dos turbo-embragues

Desde 1956 aparece instalado en automóviles americanos que montan Hydramatic este otro modelo (conocido con los nombres "Jetaway", "Stratoflight" y "Flashaway"), con el que deja de percibirse ya la leve sensación de paso de unas a otras combinaciones, consiguiendo un funcionamiento tan suave como los convertidores de par. Los componentes

requieren menos reglajes y su colocación es más accesible. El fundamento es el mismo, el funcionamiento análogo y la realización varía en lo siguiente: el embrague de discos E (Fig. 2.29) se ha sustituido por otro hidráulico pequeño K (Fig. 2.32); los frenos de cinta F y F´ son ahora ruedas libres (acoplamientos libres), que sólo pueden girar en un sentido y de fácil enclavamiento, con lo que se ahorran los reglajes periódicos de los frenos de cinta: se conserva uno de estos L (antes F´) sobre la corona C´, solamente para la posición "Lo" de la manecilla, por lo que luego se dirá; y se añade el pequeño embrague monodisco N para que C´ pueda girar a izquierdas, cosa necesaria en punto muerto y en M.A. y que no le permitiría hacer la rueda libre F´ (antes sí, porque era freno de cinta). En todas las marchas adelante N está embragado.

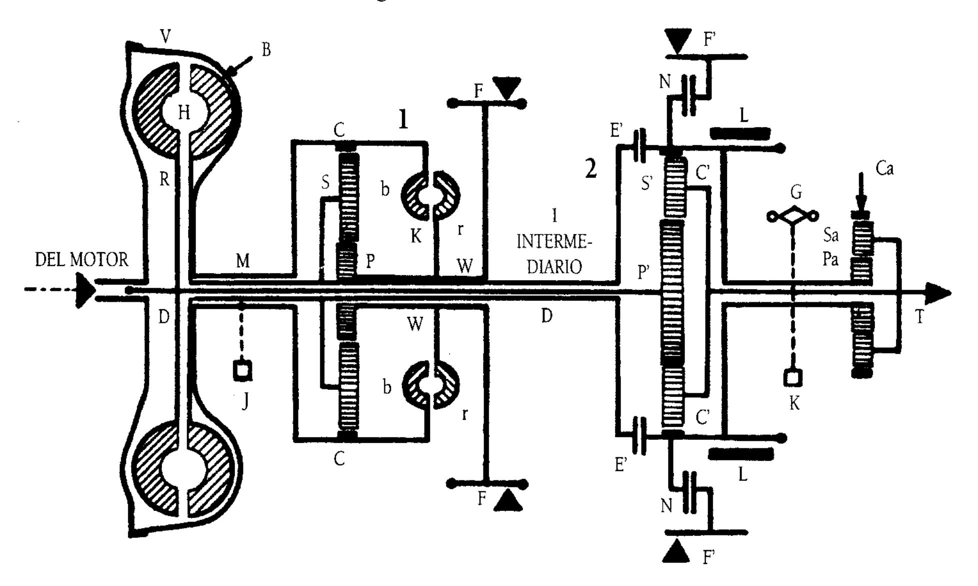


Figura 2.32.

En la figura 2.33 se detallan, con la posición real de los mecanismos, las velocidades 1ª, 3ª, 4ª y MA, y sobre ella pueden seguirse también las explicaciones para las citadas velocidades. Recuérdese que para las marchas adelante, N siempre está embragado uniendo F´ a C´.

Punto muerto. Sólo está fijo el acoplamiento irreversible F. El segundo F´ está libre; el turbo-embrague auxiliar K está vacío (libre, desembragado), y E´ desembragado. El giro motor viene por V y C; como P está fijo por F, la corona C obliga a girar la caja de satélites S sobre P, giro que pasa por B al rotor R en el turbo-embrague principal H. De R por D a P´. Como F´ y E´ están sueltos, la rotación de P´ pasa por los piñones satélites S´ a C´ que girará loca sin que se mueva la caja de satélites y, por tanto, la transmisión T.

Primera y tercera. Los dibujos correspondientes a la figura 2.11 señalan los elementos embragados, enclavados o libres, que son los mismos que para la figura 2.4, de modo que sirve la explicación dada para ésta. En 1ª reducen ambos planetarios; en 3ª sólo el número 1.

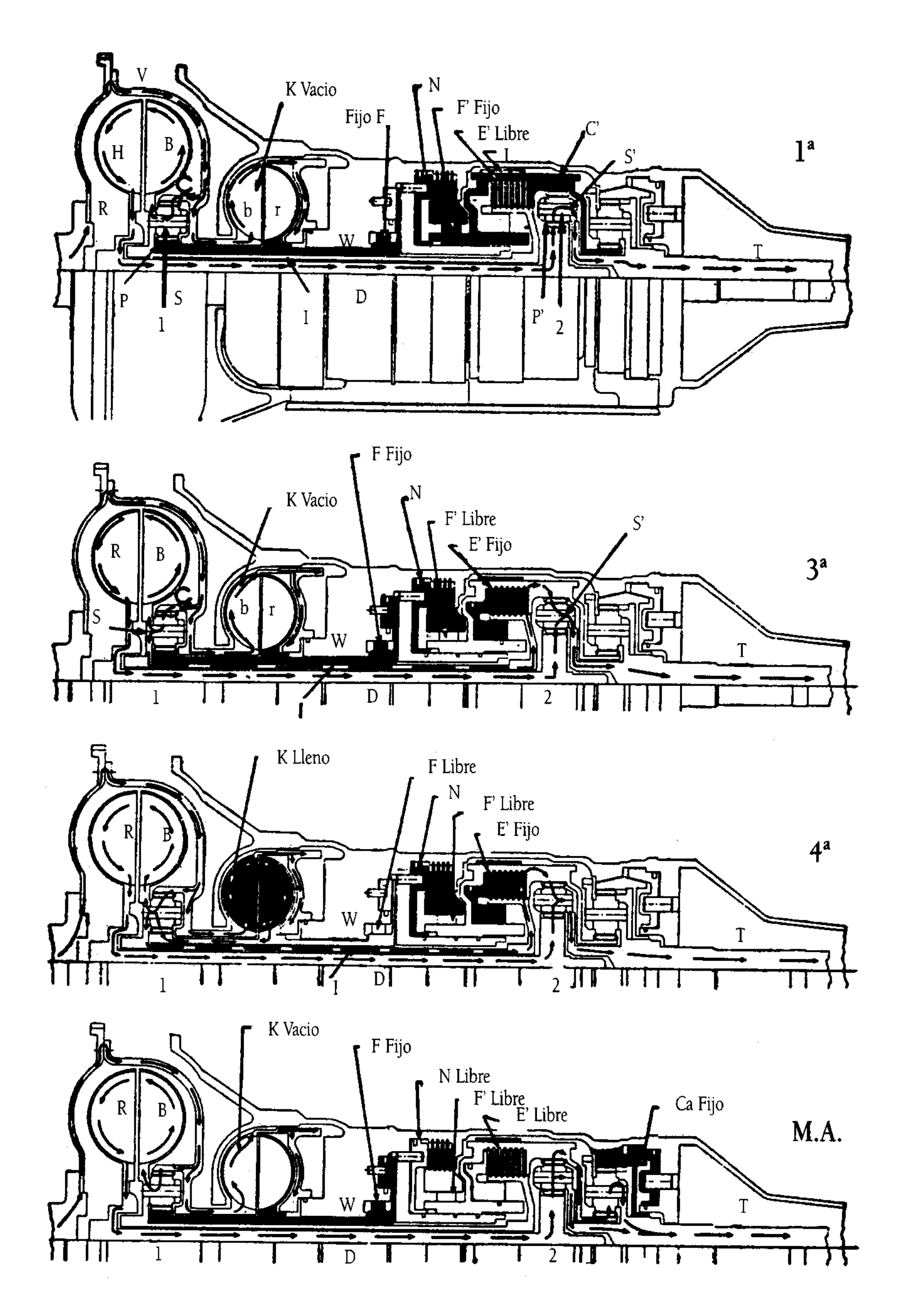

V
K Vacio
N
F' Fijo
Fijo F
E' Libre
C'
L
S'
1ª
H
B
R
b
r
W
T
P
S
D
1
I
P'
2
F Fijo
K Vacio
N
F' Libre
S'
E' Fijo
R
B
3ª
S
b
r
W
T
1
D
2
K Lleno
F Libre
N
F' Libre
E' Fijo
R
B
4ª
W
T
1
D
I
2
K Vacio
F Fijo
N Libre
F' Libre
E' Libre
Ca Fijo
R
B
M.A.
W
T
1
D
2

Figura 2.33.

Directa (Figs. 2.32 y 2.33). Como para 2ª el turbo-embrague auxiliar K está lleno: su bomba "b" (que recibe el giro del motor por V y C) hace girar su rotor "r" unido al planeta P, de modo que P y C forman un solo cuerpo (flexible gracias al enclave hidráulico K) y, por tanto, el primer planetario no reduce, transmite directo el giro del motor. En 2ª la reducción se hace en el planetario número 2, puesto que el 1 tiene lleno el turbo-embrague K. En 4ª, como E´ está embragado, tampoco reduce el planetario 2.

Marcha atrás. F y C_a fijos. Estando K vacío y F fijo, el planetario 1 reduce el giro que llega a P´ planeta de 2. Como E´ y N están libres, la corona C´ está loca y, por tanto, el giro a derechas de P´ al pasar por los piñones de S´ se convierte a izquierdas para C´, y, por tanto, para P_a. Como C_a está inmovilizado, la rotación de P_a a izquierdas comunica este mismo sentido de giro a la caja de satélites S_a (unida a S´), T gira a izquierdas y el vehículo camina hacia atrás con un movimiento reducido por los tres planetarios.

Las posiciones de la manecilla de mando son: P, aparcamiento (las ruedas propulsoras quedan ligadas al cambio en forma que no pueden girar, pero el motor puede ponerse en marcha resbalando en el turbo-embrague principal); N, punto muerto. El circuito de arranque está en tal forma que el motor eléctrico puede funcionar solamente cuando la palanquita del cambio se halla en N o P. Las otras cuatro posiciones son: DR, flecha izquierda; marcha normal con las cuatro velocidades adelante. DR, flecha derecha (o posición S); sólo funcionan las tres primeras velocidades (marcha en montaña, pendientes o curvas fuertes). Lo; para muy malos caminos o pasos difíciles, con las dos primeras combinaciones solamente en esta posición es cuando entra en funciones la banda de freno L (Figs 2.32 y 2.33): como el par motor a transmitir puede alcanzar los valores máximos con sólo las dos primeras combinaciones, y como el "apoyo" en ambas lo hace en el enclavamiento de F´ y embrague N, para evitar que éste resbale y poderlo ayudar en su resistencia se añade el apriete suplementario de la banda de freno L.

Mandos y funcionamiento (Fig. 2.32). En todo análogos a los descritos más atrás, la diferencia principal está en el mando del turbo-embrague auxiliar K (en vez del embrague de discos E anterior): una bomba llena o vacía el interior de este embrague en menos de un segundo.

El modelo de Hydramatic (1961) da tres combinaciones adelante; pero el enlace hidráulico ha dejado de ser propiamente un turbo-embrague y es en realidad un convertidor de par. Por esa razón se describe con esos otros cambios automáticos.

Por las figuras que lo representan y las operaciones que "decide y realiza" automáticamente, se comprende la complejidad de una caja Hydramatic. Para la explicación del sistema y su funcionamiento automático es suficiente con lo expuesto; pero ya se ve que la complicación del Hydramatic es muy grande, aunque más de concepción que de funcionamiento, como lo prueba la segura eficacia de éste. Para el ajuste de sus componentes y de los mandos se requieren herramientas y calibres especiales, por lo que al conductor no le está permitido actuar sobre el mecanismo. Cualquier reparación y la puesta a punto han de realizarse en talleres especialmente autorizados por los fabricantes. El conductor debe limitarse a mantener invariables los mandos y un extremado estado de limpieza, pues cualquier suciedad o leve cuerpo extraño en el líquido perturbará la acción del mecanismo.

Entretenimiento. Por lo ya dicho, se limita a la limpieza exterior y al engrase. El aceite debe cambiarse cada 24.000 kilómetros, comprobando su nivel cada 3.000.

Para medir el nivel se coloca el vehículo en piso horizontal, con el freno de mano bien apretado, el motor al ralentí y la palanquita manual en DR. Si el líquido no la moja hasta la señal "full", se añade el lubricante preciso. La razón de tener el motor en marcha se explica porque con el motor parado baja el nivel en el turbo-embrague elevándolo en la caja de cambios, dando la varilla una falsa lectura.

El cambio de aceite se hace a motor parado. Una vez escurrido el viejo se repone nuevo: primero unas tres cuartas partes de la capacidad, luego se pone el motor en marcha un minuto con el freno echado y la palanca en DR y por fin se añade el resto. Conviene comprobar después el nivel en la forma expuesta.

La mayor parte de los defectos de funcionamiento provienen de un nivel incorrecto. Si se comprobase que está bien, debe ponerse el vehículo en manos de un taller especialmente autorizado por los fabricantes o sus concesionarios.

El descenso de pendientes, o simplemente el dejarse ir en punto muerto, no debe hacerse, porque la presión del aceite es baja y pueden originarse daños en el mecanismo.

Si tiene que arrancarse el motor empujando el vehículo, se coloca la palanca en N y cuando la velocidad es de unos 35 a 40 Kmph, se da el encendido y se pasa la palanquita a DR.

En caso de avería del motor, el vehículo sólo puede ser remolcado, como máximo, unos kilómetros, pues la falta de engrase averiará los mecanismos de la caja. Lo más prudente es desconectar el árbol de la transmisión para dejar aislada la caja.

8.4. Transmisión originaria de Borg-Warner

A este esquema corresponden las actuales transmisiones Borg-Warner, incluidos los dos tipos 35 especiales para vehículos medios de cilindrada a partir de 1500 cc., y sus análogas o prácticamente iguales Fordomatic, Mercomatic, Cruise-O-Matic, Turbodrive y Multidrive (del grupo Ford), Flyghtomatic (Studebaker), Flashomatic (Rambler) y Torqueflite (del grupo Chrysler).

El convertidor de par es de tres elementos, el más sencillo: la bomba B (Fig. 2.34) movida por el motor M, el reactor R montado en rueda libre L1 sobre un eje tubular unido al cárter fijo C, y el rotor o turbina T que lleva el giro (con el par multiplicado si así conviene) a la campana D del primer embrague E1, a su vez mandril para los discos del segundo embrague E2. El mandril de E1 prolonga su eje I hasta el segundo planeta A2 a través del primario A1. La campana del segundo embrague E2, que puede ser frenada por la banda FE, lleva su eje hueco a terminar en el primer planeta A1. Los satélites S1 de este primer planetario tienen su caja ante el freno FP y engranan, a la vez, con la corona K y satélites S2 del segundo planetario; formando parte los S2 de la misma caja de los S1, como se ve en la figura. La caja de satélites está montada en rueda libre L2 sobre el eje tubular de la primera corona A1. La corona K está unida al árbol Z de la transmisión.

En la figura 2.35 se detalla la colocación y engranajes de los piñones citados, marcándose con un trazo de unión los que están engranados entre sí; conviene repetir sobre ella la lectura de éste párrafo, comparando ambas figuras.

El convertidor hidráulico V es análogo al de la figura 2.26. Da una relación de velocidades alrededor de 2,1: o sea, que T gira desde 2,1 veces más despacio que B, con 2,1 veces más de esfuerzo de giro, hasta hacerlo con los mismos par y velocidad que B. El calentamiento del aceite se corrige con una ventilación forzada por aire a presión o bien con un radiador y agua, según las marcas.

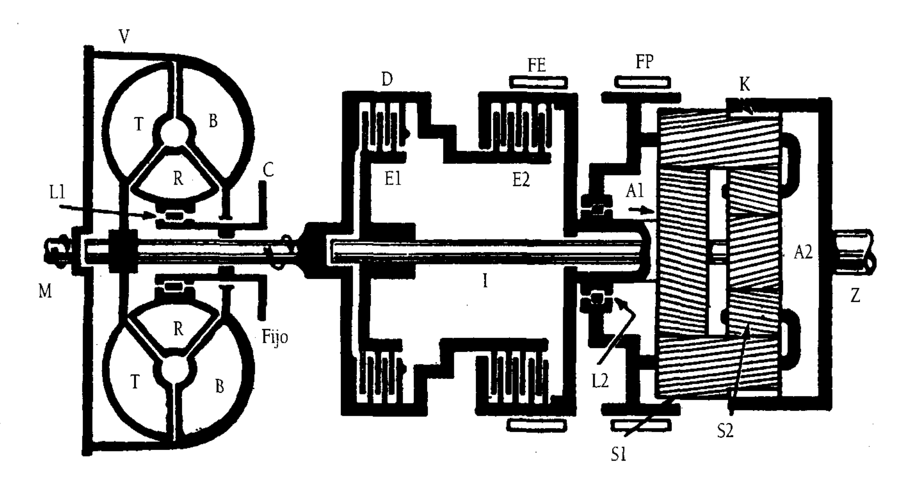


Figura 2.34.

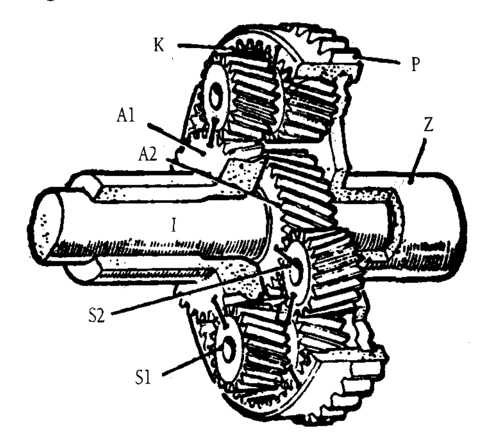


Figura 2.35.

Una manecilla bajo el volante de la dirección puede ocupar las cinco posiciones "P" (aparcamiento), "R" (M.A.), "N" (punto muerto), "DR" (marcha normal con dos velocidades de paso automático: intermedia o 2ª, y directa o 3ª), y "Lo" (baja, 1ª velocidad).

Conducción. Para el manejo corriente basta mover la palanca entre DR y N. Entre las otras posiciones es necesario además levantarla, precaución que impide una maniobra descuidada, por ejemplo de DR a R o P yendo a gran velocidad. De todos modos, no se debe meter la M.A. si el vehículo circula a más de 7 km.p.h., y para la P es indispensable que el vehículo esté ya inmóvil.

Se arranca el motor en N y cuando gira en ralentí se puede pasar a DR, Lo o R.

La marcha normal se efectúa en DR. En ralentí el vehículo se mantiene inmóvil. Al acelerar, arranca lentamente en 2ª pasando automáticamente a 3ª, directa. Al disminuir la marcha el cambio automático de 3ª a 2ª se produce, marchando sin gases, a unos 30 km.p.h.

Sobre nieve, fango o rampas excepcionales, se utiliza la posición Lo y también cuando se quiere frenar enérgicamente con el motor. Se puede pasar de Lo a DR, y viceversa, cualquiera que sea la velocidad del vehículo.

Para "acunar" el vehículo, balancear hacia delante y atrás con objeto de salir de un atasco, se ejerce una suave presión constante sobre el acelerador y se pone alternativamente la manecilla en R y Lo.

Si marchando en directa a menos de 80 kmph se quiere una aceleración brillante, basta pisar a fondo el acelerador, más allá de la posición de máximos gases: entra la 2ª que se mantiene hasta los 105 kmph en ésta posición.

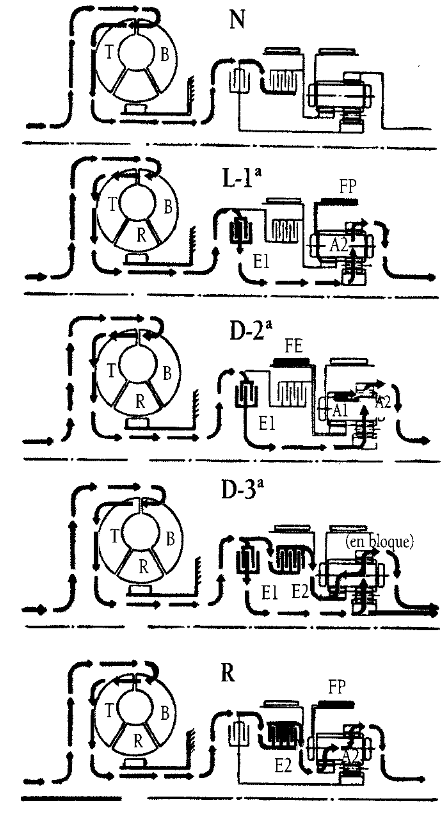


Figura 2.36.

Funcionamiento. En las figuras 2.34 y 2.35 se detalla la organización de la caja de planetarios, y en la 2.36 las combinaciones que se hacen para obtener "punto muerto", las tres velocidades adelante (1ª, en Lo, y 2ª y 3ª en DR) y, por último, la M.A.

Para cada caso se destaca en grueso el embrague o el freno que se aprieta, y la línea de flechas muestra por dónde se va comunicando, en cada caso, el giro del motor. El mando de los dos embragues, los dos frenos y el paso automático de 2ª a 3ª y viceversa se hace mediante una complicada instalación eléctrica, análoga a la del Hydramatic, alimentada por dos bombas para disponer de aceite a presión: una movida por el motor y la otra por la transmisión.

Un regulador centrífugo envía estímulos mecánicos, proporcionales a la velocidad del vehículo, que pueden ser modificados por la acción del pedal del acelerador. El juego de presiones actúa en una válvula de corredera, distribuidor; y con el mando de la corredera manual, que es accionada por la manecilla bajo el volante, se operan los dos embragues y los dos frenos de cinta. Entre 2ª y 3ª y viceversa, el pase es automático.

Con la manecilla en la posición P, un fiador entra en los dientes P (Fig. 2.35) del borde exterior de la corona dentada interiormente K, inmovilizando el vehículo.

Desde 1960 los nombres *Fordomatic* y *Mercomatic* se reservan para un modelo más sencillo, aplicado a los motores menos potentes del grupo Ford americano, con un solo embrague, que da dos combinaciones en los engranajes planetarios, de paso automático entre sí.

El convertidor es igual al descrito, y la organización interior de la caja es análoga, excepto que sólo hay un embrague y que no existe el apoyo en rueda libre L2 (Fig. 2.34), aparte de otros pequeños detalles.

8.4.1. El modelo grande de Borg-Warner

Usado por Studebaker hasta 1956 y posteriormente por otras marcas, se caracteriza por la presencia de un embrague de disco en seco que entra en funciones con la directa, eliminando el acoplamiento hidráulico, con lo que se evitan el perjudicial resbalamiento y su calor a la vez que se reduce el exceso de consumo de combustible típico de los convertidores.

El mecanismo se compone (Fig. 2.37) de un embrague de disco en seco A, un convertidor de tres elementos (bomba B, turbina T y reactor R en rueda libre) y una caja colocada a continuación con dos planetarios y cuyos mandos (un embrague D y tres frenos de cinta F, G, H) dan el punto muerto, la M.A. y tres marchas adelante, una de ellas, la directa, por acción del embrague A. El convertidor es igual al descrito, y su refrigeración es también por corriente de aire.

El embrague A tiene un aro fijo 1, que forma parte del volante V, contra el que se apoya el disco unido al árbol de la transmisión Z cuando es oprimido por el plato móvil 2, accionado hidráulicamente en la 3ª o directa. Como se ve en la figura, en tal caso el giro del motor M pasa directamente al árbol dejando fuera el convertidor de par y caja de engranajes.

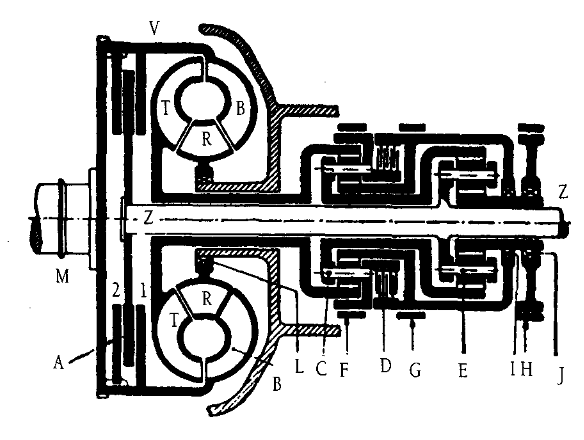


Figura 2.37.

El giro de la turbina o rotor T llega a la corona del primer planetario, cuya caja de satélites C se enlaza con la corona del segundo y lleva el mandril y discos-hembras del embrague D; el planeta se une a la campana con los discos-machos que va montada en la rueda libre I sobre el planeta del segundo engranaje. La caja de satélites C puede inmovilizarse con el freno F, y la campana con el G.

La caja de satélites E del segundo planetario se une al árbol Z de la transmisión y el planeta lleva una rueda libre J que puede sujetarse con el tercer freno H.

En las posiciones de la manecilla de mando N y P los frenos y embragues están flojos y no pasa movimiento a Z, pero en P un fiador enclava una rueda dentada impidiendo el giro del eje Z y, por tanto, de las ruedas traseras.

En L (1ª) se frenan G y H: el giro se reduce en los dos planetarios. En D (2ª) sólo frena H, planeta del segundo engranaje; y se aprieta el embrague D que hace solidarios la corona y el planeta del primero, o sea, que éste gira en bloque, y sólo reduce el segundo.

En 3ª siguen D y H como en 2ª pero como se embraga A, el eje Z gira con el motor y con él los satélites E que le están unidos, con lo que también el segundo engranaje queda bloqueado: el giro pasa directo y ni siquiera interviene el acoplamiento hidráulico; es una directa mecánica.

En R sólo se frena F inmovilizando los satélites C y la corona del segundo planetario. Al estar quietos los satélites C, el giro del motor, que viene por T y la corona, hace girar en sentido contrario al planeta que, por la rueda libre I (ahora no libre) arrastra al planeta del segundo cuya corona está inmóvil y, por tanto, en el mismo sentido y con una nueva reducción arrastra la caja de satélites E y árbol Z.

El mando hidráulico es, como en los modelos ya descritos, de tres velocidades con paso automático entre 2ª y 3ª, complicado aunque de funcionamiento seguro, pero en el que sólo puede tener intervención, para revisiones y averías, un taller adiestrado y especialmente autorizado por los fabricantes o concesionarios de los vehículos. La comprobación del nivel y el cambio de líquido se hace como en todos, pero aquí se usa aceite de motor de la mejor clase (marca acreditada) tipo SAE.10.

La razón de haber suprimido el embrague mecánico de directa A (Fig. 2.37) en los modelos más recientes de Borg-Warner (y demás marcas citadas en la nota inserta al comienzo de su explicación) estriba en que dicho embrague mecánico suprimía en directa

la elasticidad de marcha que, precisamente, caracteriza al convertidor: era una directa sin el efecto de "cambio continuo" que para las otras dos combinaciones se tenían. Tampoco figura en ninguno de los dos modelos "35" para automóviles pequeños.

8.5. Transmisiones Powerglide y Dynaflow

Usadas por Buick y Chevrolet desde 1948, podían considerarse prácticamente iguales. Están compuestas por un convertidor hidráulico de par y un engranaje planetario. Los vehículos no tienen pedal de embrague. El control del cambio se ejerce desde el volante de la dirección con una ligera manecilla que puede ocupar cinco posiciones: P, aparcamiento; N, neutral o punto muerto; D, conducción directa normal; L, 1ª, sólo usada en casos de arena, barro o nieve profundos o en rampas muy pronunciadas; y R, M.A.. Para arrancar el motor la manecilla debe estar en P o N, y se pasa a D para circular. En esta posición, el cambio da automáticamente una sucesión gradual de velocidades como entre la 2ª y directa de un cambio corriente, y siempre lo que baja la velocidad lo gana en fuerza el convertidor de par.

Consta éste (Fig. 2.38) de cinco elementos giratorios. La bomba B, que recibe por el volante A el movimiento y la fuerza del cigüeñal U; la bomba secundaria F, montada en rueda libre G sobre el eje de la anterior, de modo que puede girar como aquella o más deprisa; el reactor primario D y el reactor secundario E, cada uno consistente en una corona de álabes montada en rueda libre G sobre un eje fijo al cárter H, de modo que pueden estar quietos, inmóviles con relación a la caja exterior o chasis, o bien girar libres, y, por último, la turbina o rotor C unida al eje que sale del convertidor de par hacia la transmisión y termina en el planeta N.

Las coronas de reacción pueden girar libres y a la vez que la bomba primaria, cuando el convertidor de par no necesita aumentar éste sino funcionar como un embrague hidráulico corriente (directa).

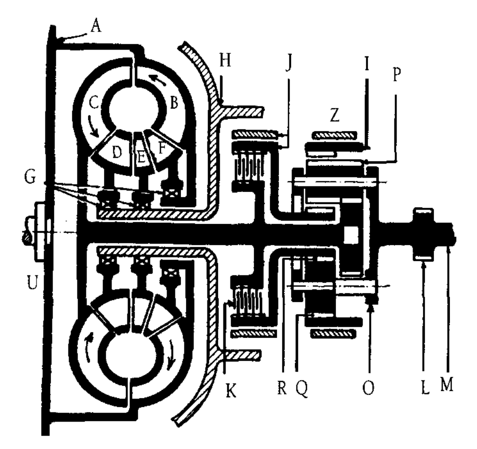


Figura 2.38.

A la salida del convertidor (Figs. 2.38 y 2.39) hay un embrague de discos múltiples K sumergido y accionado por aceite a presión cada vez que la manecilla del volante se pasa a D. En L y R está desembragado. Un freno de cinta J inmoviliza su correspondiente tambor cuando se pone "1ª", y otro freno análogo Z, inmoviliza la corona I del engranaje planetario cuando se desea introducir la marcha atrás. Ambos frenos también se accionan hidráulicamente.

Cuando se marcha en directa, con la manecilla del volante en D, el giro proveniente del rotor C del convertidor de par se transmite por el eje interior a través del centro de la caja de engranajes al planeta N, y como el embrague K está acoplado, también recibe giro el rotor planeta R, de modo que los engranajes quedan bloqueados, acuñados, y el conjunto gira comunicando el movimiento recibido al eje M que va al árbol de la transmisión. Por consiguiente, la caja de engranajes actúa como corresponde a una directa, y las únicas variaciones de velocidad son las pro-

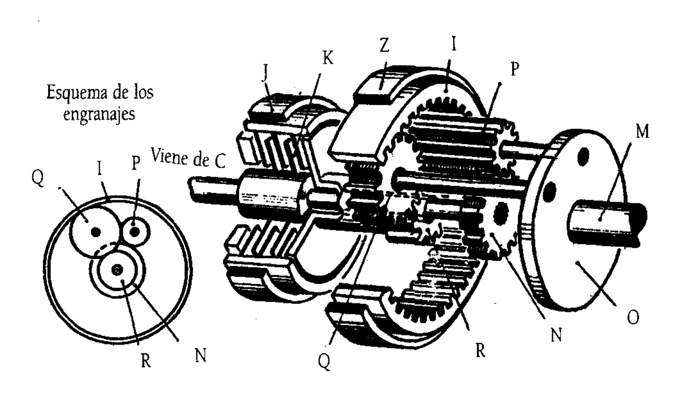


Figura 2.39.

porcionadas por el convertidor hidráulico de par antes explicadas.

Si el conductor pone la manecilla en L (1ª), se desembraga K y se aplica el freno J sobre su tambor, de modo que el planeta R resulta inmovilizado. El planeta N recibe el giro del motor, que lo transmite a los satélites largos P y éstos a los otros satélites Q (en realidad hay tres satélites P y tres Q espaciados por igual y engranados entre sí en parejas, aunque en la figura sólo se dibuja uno de cada clase para mayor claridad). Los satélites Q se ven obligados a rodar sobre el planeta R inmóvil y, por tanto, su caja o armazón O transmite el giro por el árbol M a las ruedas. Los engranajes están ya calculados para que este movimiento resulte reducido, equivaliendo a una "1ª".

En la marcha atrás, K queda desembragado; J libre, e inmovilizada la corona I por su freno Z. Llega el giro desde el convertidor hasta el planeta M, y por los satélites P pasa a los Q; pero como la corona I está fija, los satélites Q ruedan dentro de ella (al revés que en "1ª", que lo hacían sobre R, ahora loco) y, por tanto, la caja de satélites con su eje M girará más lentamente en sentido contrario al de N (M.A.).

Obsérvese que tanto la "primera" como la "marcha atrás" se obtienen *después* de pasar por el convertidor de par, o sea, que ambas gozan de la ventaja de una progresiva y flexible variación de velocidad que aquél proporciona.

La posición N de la manecilla del volante mantiene desembragado K y sueltos los frenos J y Z, de modo que es un verdadero "punto muerto". Para que el vehículo parado no se vaya en una cuesta, lo equivalente a dejar metida una velocidad, se consigue poniendo la manecilla en la posición P, en la que se enclava un fiador mecánico al piñón L (Fig. 2.38).

Análogamente al Hydramatic, mediante dos bombas de aceite movidas por el motor y la transmisión, respectivamente, se mantiene lleno el convertidor, se lubrica el mecanismo y se mandan los émbolos que accionan el embrague y los dos frenos interiores de este cambio. La instalación era más sencilla puesto que no existía el automatismo que en el Hydramatic precisa de un "cerebro" hidro-mecánico. Aquí el paso de una a otra combinación (puesto que sólo hay dos: L o baja, y D o alta, normal) se hacía por mando manual, y dentro de cada una de ellas, el convertidor es el que provee la gama entre las dos relaciones de velocidad y par en la forma dicha.

8.5.1. Powerglide con tres elementos y dos velocidades

Desde 1953, el Powerglide se diferenció del Dynaflow y dejó el convertidor de cinco elementos de la figura 2.38 para adoptar otro más sencillo de tres, como el corriente de la figura 2.26. Por el contrario, la caja de engranajes se complicó con un mecanismo de pase automático entre Lo y D, o sea, que el convertidor de par trabaja con una caja automática de dos combinaciones. Esta ya requiere el empleo del vacío variable de la admisión, regu-

ladores centrífugos de presión de aceite y válvulas cuidadosamente taradas, apareciendo un "cerebro hidro-mecánico" análogo al explicado para Hydramatic, si bien más sencillo, puesto que sólo atiende a dos combinaciones en vez de cuatro.

Con la manecilla en la posición D el vehículo arranca en "baja" (Lo) y automáticamente pasa a alta, a velocidades comprendidas entre 25 y 60 km.p.h. según lo que se pise el acelerador (a fondo, el cambio se produce a 60). Lo mismo para el pase de "alta" o "baja". Con la manecilla en Lo no funciona la "alta".

En tráfico urbano y subida de cuestas, con este modelo, aplicado con sólo modificaciones de detalle hasta ahora, se consiguen aceleraciones superiores a las del anterior, así como menor consumo de combustible.

Entre 1957 y 1960 Chevrolet usó un convertidor de par que, otra vez, tenía cinco elementos, análogamente a la figura 2.38: la bomba, tres turbinas y un rotor con álabes de inclinación variable (cada álabe u hoja montado en charnela, figura 2.41, para poder variar el grado de inclinación según el ángulo de incidencia del líquido). Ese modelo, conocido con el nombre de Turboglide, se dejó de producir, continuando con el Powerglide en su forma actual de convertidor sencillo (tres elementos).

8.5.2. Dynaflow doble turbina

El tipo siguiente aparecido en modelos Buick de 1953 difiere del anterior en que lleva cuatro coronas de álabes en vez de las cinco citadas: una bomba y un reactor menos, y un rotor más, o sea (Fig. 2.40): la bomba B que recibe el giro del rotor M; un primer rotor o turbina T1 que recoge el par directamente de aquella; un segundo rotor T2 enlazado con el primero a través de un engranaje planetario, a cuya corona C se une el rotor T1, mientras que el T2 lo hace a la caja de satélites S, a su vez unida al eje que llega al cambio planetario siguiente y que no ha variado. La cuarta corona R es el miembro reactor, montado en la rueda libre L sobre un eje tubular fijo al cárter.

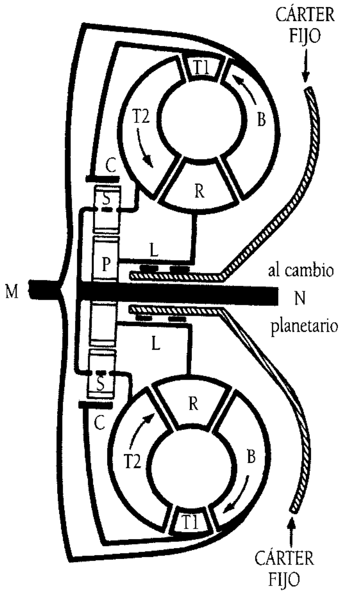


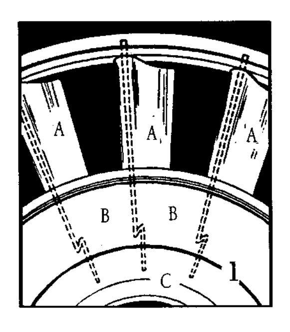
Figura 2.40.

Con este artificio, gracias a la acción progresiva del planetario intercalado, el margen de variación de velocidades (y de par) se amplía de 2,2 a 2,5 a la vez que se gana rendimiento, con menos pérdidas por calor en el funcionamiento a pleno convertidor, y, por tanto, con disminución del resbalamiento y del excesivo consumo de combustible, puesto que parte de la desmultiplicación es mecánica y no hidráulica.

El cambio mecánico colocado a continuación (con planetario, embrague y frenos) para las posiciones P, N, L y R, continúa siendo el mismo, con mando manual entre Lo y D.

8.5.3. Dynaflow con álabes orientables

En 1955 se introdujo un perfeccionamiento más: los veinte álabes del reactor R, en vez de estar fijos respecto a las coronas exteriores e interiores de R que los soportan, fueron



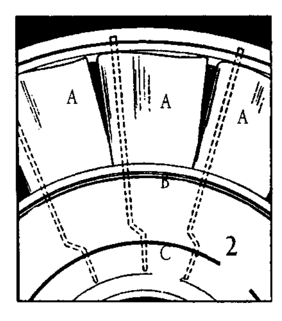


Figura 2.41.

dotados de un eje de giro individual B (Fig. 2.41-1); los extremos en manubrio de éstos se llevaron a una corona interior C movible, de modo que por el mando de ella giraban todos los ejes B, y los álabes A tomarían inclinaciones variables desde dejar el máximo paso frontal (1) a obligarlo muy inclinado (2), unos 70° de giro. Claro está que el Dynaflow se complicó con otro mando hidráulico, sensible a la posición del acelerador: pisando éste a fondo, la corona C (Fig. 2.41-1) debe girar los ejes B para que los álabes A tomen la menor inclinación y a pocos gases la inclinación máxima (detalle 2). De esta forma la variabilidad del ángulo con que los álabes de R devuelven el chorro de aceite a la entrada de la bomba, aumenta el rendimiento y la elasticidad del convertidor, equivaliendo a una velocidad más en el cambio; la multiplicación del par ha subido hasta 3.

Posteriormente nuevas modificaciones se introdujeron con el propósito de mejorar el rendimiento y aumentar la relación de par en el convertidor. Hubo un modelo con otra corona más de álabes orientables (1956); después (1958), uno con tres turbinas, un solo reactor, y el engranaje planetario en el interior de la caja de cambios.

En 1961 comenzó a usar Buick en su modelo Special el convertidor de tres elementos. En 1964 es éste el único empleado (*Super-Turbine-Drive*, figura 2.42, con el reactor R dotado de álabes orientables cuyo mando lo hace la mariposa del carburador mediante un dispositivo eléctrico que acciona una bomba hidráulica dentro del cambio, encargada de mover la corona C de la figura 2.41. También desde el acelerador, por medio de otro electroimán, se acciona el mecanismo de "kick-down" (retardador) que, pisando más allá de la posición de máximos gases, mantiene la combinación inferior para dar una aceleración brillante, por ejemplo, en los adelantamientos.

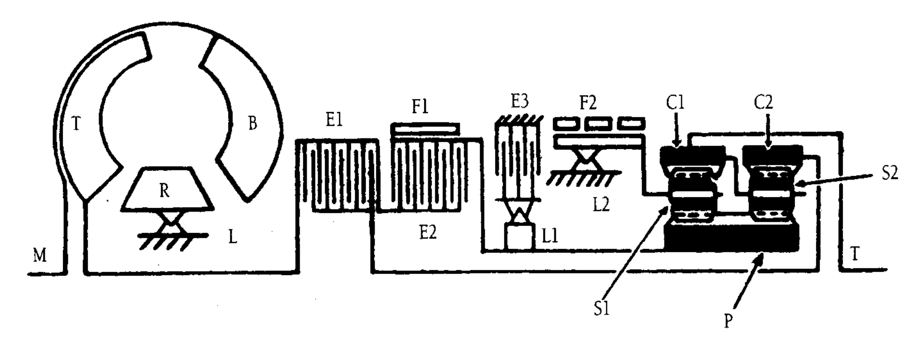


Figura 2.42.

Mando	Embragues			Ruedas libres		Frenos de cinta	
	E1	E2	E3	E1	R2	F1	F2
R(M.A.)	L	A	L	L	L	L	A
DR: 2ª	A	L	A	A	L	A	L
3ª	A	A	A	L	L	L	L
LO: 1ª	A	L	L	L	A	L	A
2ª	A	L	A	A	L	A	L

Ambos mandos eléctricos suprimen los enlaces mecánicos exteriores y sus complicados reglajes. Por último, un barómetro hace compensar las diferencias de altitud cuando se viaja por caminos montañosos.

En la figura 2.42 se diseña el esquema de la *Super-Turbine-Drive*, y en el siguiente cuadro se indican los órganos apretados o libres (que funcionan o no) para cada combinación.

De lo expuesto se deduce que Powerglide ha simplificado el convertidor desde 1953, y aumentó la complicación del cambio con la adición del pase automático entre sus combinaciones; pero se ha estabilizado en la línea común a casi todos. En cambio, Buick ha intentado mantener sencillo el cambio, y para no tener que mover a mano ni siquiera la palanquita de Low a Drive, ha buscado que la variación del par tuviera gran amplitud dentro del convertidor hidráulico. La última solución se acerca a las demás actuales en uso.

8.5.4. Entretenimiento

Debe emplearse exclusivamente el aceite especial recomendado por los constructores del Dynaflow y del Powerglide. Sólo en caso de apuro puede usarse durante poco tiempo un buen aceite de la graduación SAE-20.

El nivel se comprobará cada 3.000 kilómetros.

El cambio de aceite se hará cada 24.000 kilómetros, con transmisión caliente y motor parado.

Toda clase de comprobaciones, reglajes y reparaciones deben efectuarse exclusivamente en un taller especializado que de modo expreso esté autorizado por la casa constructora del vehículo o por sus concesionarios oficiales. Esta observación es válida para todos los cambios por convertidor de par.

8.6. Hydramatic con reactor

Más atrás se indicó que el último modelo de Hydramatic daba tan sólo tres velocidades adelante; pero en vez de dos embragues hidráulicos (como llevan casi todos los modernos Hydramatic de cuatro marchas), añadía un pequeño reactor al único turbo-embrague, pasando a funcionar como un convertidor de par de margen reducido (1,3). Los álabes del impulsor y de la turbina son rectos como todos los de Hydramatic, y los del reactor curvados.

En realidad, el haber conservado el nombre de Hydramatic (aunque se le denomine "61-05" o de "Tres Velocidades") se presta a confusiones, porque más bien se trata de un nuevo cambio automático de distinta concepción, aunque de análogo mando. Su primera

aplicación fue a los vehículos europeos de seis cilindros y mediana potencia de la General Motors (Opel, alemán, y Vauxhall, inglés, de unos 2,5 litros de cilindrada); pero se ha extendido el campo de aplicación incluso a vehículos grandes americanos.
En la figura 2.43 se destacan, en el volante 1, los grandes muelles para la amortiguación torsional, ya explicados en el embrague ordinario (P, figura 1.3), que aquí se emplean

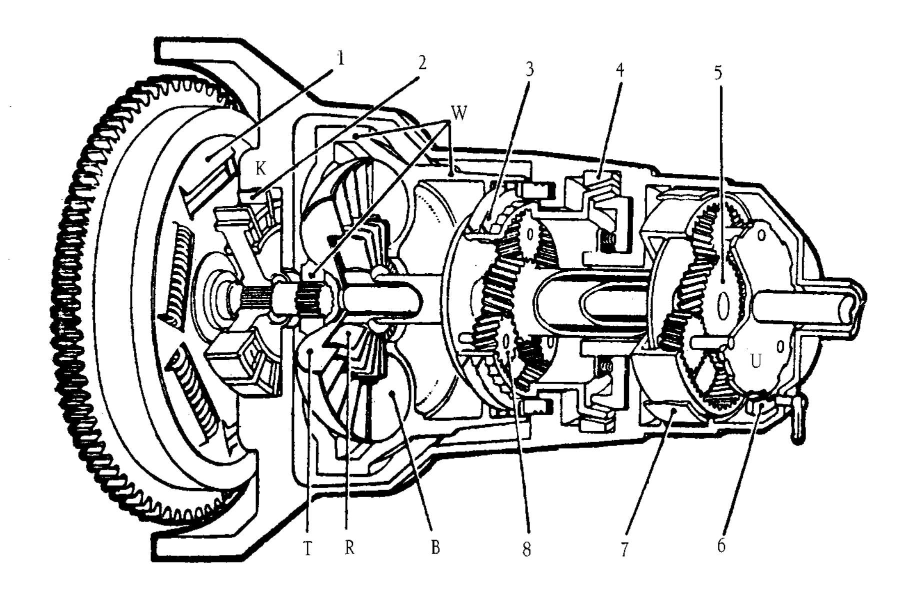


Figura 2.43.

para mayor regularidad en la transmisión del par y cortar el paso de vibraciones. Dentro del cárter K está la bomba 2 para dar presión al aceite, aquí bastante más alta: 180 libras, que deberá accionar los mandos para el automatismo, análogos a los del Hydramatic corriente y a los usados en los convertidores de par, y además llenar o vaciar el turbo-embrague T-B. El impulsor de éste, B, forma parte de la pieza W que encaja en el extremo ranurado del cigüeñal-volante-bomba 2. Entre el impulsor B y la turbina T está el pequeño reactor o estátor R. A continuación y enlazados, como se verá mejor en los cinco dibujos de la figura siguiente, están: el engranaje planetario 8, con un embrague de discos 3 sobre la corona; el embrague de cono 4 para obtener la M.A.; el segundo planetario 5 que lleva en su corona el freno de cinta 7 y el fiador 6 que, cuando la palanquita de mando bajo el volante se pone en la posición P, aparcamiento, encaja en una muesca del disco U unido al árbol de la transmisión y a los satélites de 5.

En N (punto muerto P.M., figura 2.44) el turbo Q está lleno; pero como los embragues 5 y 4 y el freno 7 están flojos, todas las piezas pueden girar libremente y no pasa movimiento a la pieza que enlaza R con los dos juegos de satélites y la transmisión U. Esta pieza de enlace se dibuja en gris por estar inmóvil, y del mismo modo se señalan los elementos quietos en las otras combinaciones.

En 1ª el turbo Q está lleno y actúa como convertidor de par, según se dijo, con poco margen de amplificación (hasta 1,3), pero precisamente cuando es más necesario aumentarlo: en

la arrancada, que se podrá efectuar con toda suavidad y potencia, aunque se pise bruscamente el acelerador, sin riesgo de calar el motor. Apretado 7, el giro se desmultiplica en el planetario 5.

En 2ª el turbo está vacío V, o sea, que la transmisión es mecánicamente directa, con gran rendimiento porque, con el freno 7 apretado, se efectúa a través de un engranaje reductor interno: de la corona al grupo de satélites de 8 (véanse las flechas).

En directa D, ambos planetarios giran formando bloque, y el reactor no actúa como tal (Q está lleno y funciona como embrague hidráulico). El mecanismo está calculado para que un 60 por 100 del esfuerzo de giro se transmita mecánicamente, y sólo el 40 por 100 a través del intermedio hidráulico. La elasticidad es suficiente y el resbalamiento mínimo, por lo que el rendimiento es bastante bueno. Entre esto y que en 2ª la transmisión es toda mecánica, el consumo de combustible no se eleva tanto como en el otro modelo y convertidores ordinarios; como promedio no aumenta más de un 5 por 100 del que se tendría con una caja corriente mecánica.

En marcha atrás "M.A." vuelve a actuar plenamente el reactor. La inversión del giro se consigue al apretarse el embrague de cono 4 que inmoviliza a la corona del primer planetario.

El paso entre las tres velocidades adelante es automático cuando la manecilla bajo el volante está en la posición D; en S sólo funcionan la 1ª y 2ª, caso de marcha por fuertes pendientes tanto al subir como al bajarlas (freno motor, que en 2ª es perfecto por ser la transmisión mecánica); y en L la transmisión queda enclavada en 1ª: casos excepcionales de marcha por muy malos caminos, o para acunar el vehículo pasando la manecilla de 1ª a 2ª, y viceversa.

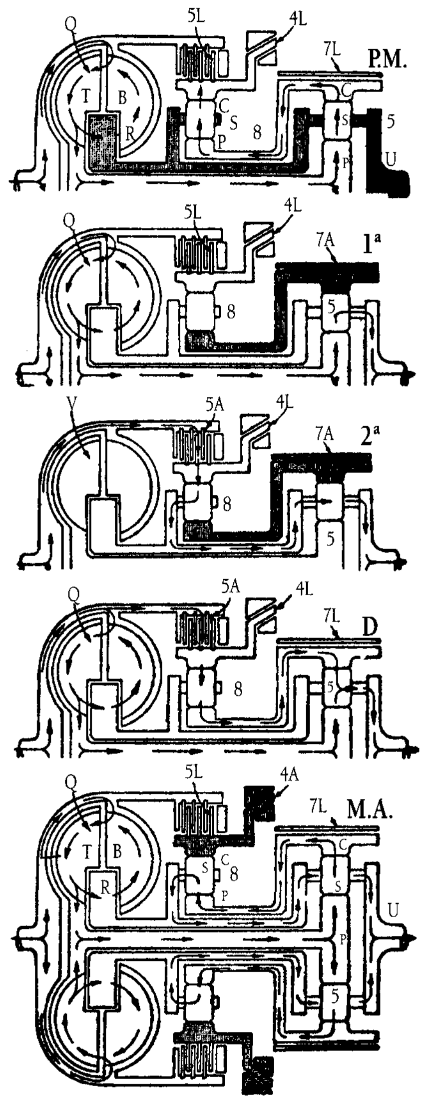


Figura 2.44.

Según la posición del acelerador, el paso de 1ª a 2ª se hace entre 15 y 40 kmph, y de 2ª a 3ª entre 25 y 90. El cambio descendente (de 3ª a 2ª ó 1ª) se hace a velocidades inferiores, pero el conductor puede obtener aceleraciones brillantes pisando el acelerador más allá de la posición de máximos gases, para sostenerse en la combinación inferior a gran velocidad.

8.7. Cambio automático Mercedes 722.6

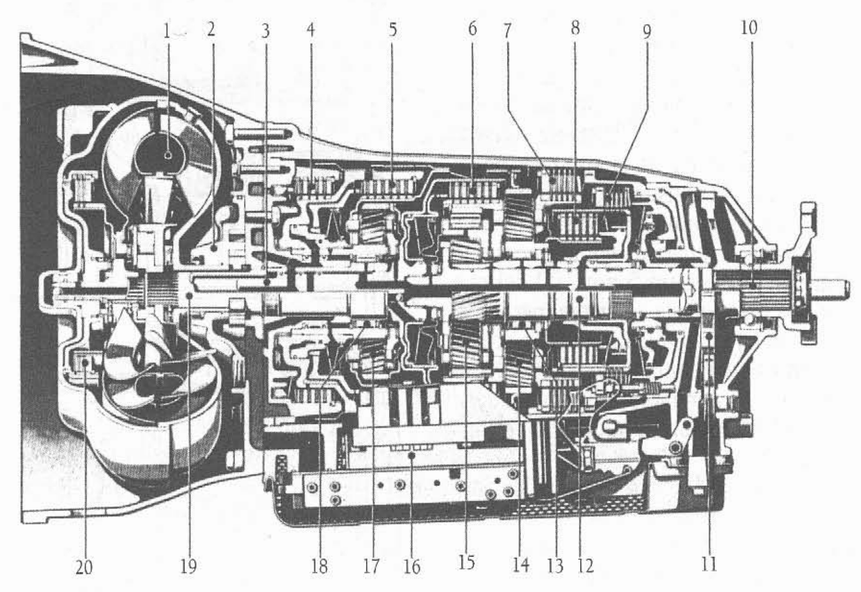
8.7.1. Generalidades

Una realización práctica y moderna (año 1995), es el cambio automático 722.6 de cinco marchas, controlado electrónicamente, con un embrague de anulación en el convertidor de par.

Las desmultiplicaciones son conseguidas por tres trenes de engranajes planetarios, siendo la 5ª marcha una superdirecta. Las marchas son activadas por medios electrohidráulicos y acopladas mediante la combinación de tres frenos de discos, tres embragues de discos y dos ruedas libres.

El conductor puede seleccionar entre dos programas de marchas, S (Estándar) y W (programa de invierno). Hay también desmultiplicaciones diferentes para la marcha atrás.

Se obtiene con este cambio un consumo reducido, buena ejecución de acoplamiento con pocos gastos de mantenimiento y una duración aceptable.



1. Convertidor de par
2. Bomba de aceite
3. Árbol primario
4. Freno de discos B1
5. Embrague K1
6. Embrague K2
7. Freno de disco B3
8. Embrague K3
9. Freno de discos B2
10. Árbol secundario
11. Rueda del bloqueador de estacionamiento
12. Árbol intermediario
13. Rueda libre F2
14. Tren de satélites trasero
15. Tren de satélites central
16. Unidad eléctrico-hidráulica de control
17. Tren de satélites delantero
18. Rueda libre F1
19. Eje del estator
20. Embrague de anulación del convertidor de par

Figura 2.45.

Estructura del cambio (Fig. 2.45.)

Envolturas.- La caja de cambio y la caja del convertidor son de una aleación de metal de ligero, se centran mediante el portadiscos exterior del freno de discos 4 (B1) y entre ambas se interpone una chapa que sirve de elemento estanco.

La bomba de aceite del convertidor, está atornillada a la caja del convertidor a la que también se atornilla el portadiscos exterior del freno de discos 4, B1. En el portadiscos encaja a presión el eje del estator 19 asegurando la unión giratoria por medio de un dentado. La unidad electrohidráulica de control 16, está atornillada desde abajo a la caja del cambio, asegurando el cierre un carter de chapa de acero que contiene aceite.

Elementos mecánicos.- La parte mecánica consiste en árbol primario 3, árbol secundario 10, un eje de planetario y tres trenes de satélites 14,15 y 17.

La presión de aceite dirigida al embrague de anulación del convertidor 20 y al embrague K2 llega a través de los taladros en el árbol primario. La recibida por el embrague K3 llega a través del árbol secundario. Otros taladros en los mencionados árboles distribuyen el aceite de lubricación para todos los puntos de apoyo, ruedas libres y elementos de mando.

La rueda del bloqueador de estacionamiento 11 y la brida de salida de fuerza, están unidas por el dentado del árbol secundario 10.

Las ruedas libres 13 y 18 intervienen en el acoplamiento de las marchas. La rueda libre delantera F1 18, se apoya en el eje del estator y bloquea el planetario del tren de satélites delantero 17. La rueda libre trasera F2 13, une el planetario del tren de satélites central 15, con el planetario del tren de satélites trasero 14.

Unidad electrohidráulica de control.- Se compone de una placa de mando de metal, para el mando hidráulico y una unidad eléctrica de control. La unidad eléctrica de control consta de un cuerpo de material sintético, en el que están reunidos los componentes eléctricos. Las vías conductoras impresas en el elemento portador, son la unión de los componentes eléctricos y un acoplamiento de enchufe. La unión con el juego de cables del vehículo y con la unidad de control EGS (mando electrónico del cambio) es establecida mediante el acoplamiento de enchufe de 13 polos con forma de bayoneta.

Modo de funcionamiento

En la figura 2.46. se ven las posiciones que puede tener la palanca selectora, con las siguientes explicaciones:

P.- Posición de bloqueo de estacionamiento y posición de arranque.
R.- Posición de Marcha Atrás.
N.- Punto Neutro, posición de arranque sin bloqueo del coche. No hay ninguna transmisión de fuerza.
D.- Se disponen de cinco marchas hacia delante.
4.- Funcionamiento de las cuatro primeras marchas.
3.- Funcionamiento de las tres primeras marchas.
2.- Funcionamiento de las dos primeras marchas.
1.- Funcionamiento en 1ª marcha.

Posición del interruptor selección de programas:
S.- Programa estándar. Arranque en 1ª marcha, para todas las situaciones.
W.- Programa de invierno. Arranque en 2ª marcha, excepto cuando la palanca selectora esté en la posición 1. El arranque en primera marcha sólo es posible a pleno gas o sobregás.

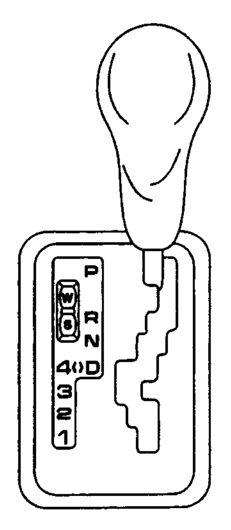


Figura 2.46.

Marcha de emergencia.- Cuando aparecen anomalías debe conservarse un estado de marcha seguro, que limite lo menos posible la disponibilidad. Se deben de evitar los daños en el cambio automático.

Funcionamiento.- La unidad de control se encarga de conmutar a marcha de emergencia. Para ello, se memoriza un código de defecto asignado a la anomalía dejando sin corriente todas las válvulas electromagnéticas y de regulación.

Remolque del vehículo.- Se puede hacer situando la palanca selectora en la posición N. La velocidad de remolcado máxima es de 50 km/h.

El trayecto máximo de remolcado es de 50 km.

Mantenimiento.- Es preciso mantener una cantidad de aceite adecuada según ficha de mantenimiento de la caja de cambios. En la unidad de control se encuentra un contador del estado del aceite.

La varilla indicadora de nivel es una herramienta especial. La tapa del cierre de la boca de llenado de aceite está precintada. Se recomienda el control y la corrección del nivel a talleres concesionarios.

8.7.2. Estructura mecánica

Convertidor de par. Figura 2.47.

Comunica el par del motor a la caja de cambios. Con el vehículo parado y el motor funcionando al ralentí, reduce al mínimo la transmisión de fuerza que proporciona el motor a la caja de cambios.

Cuando se pretende arrancar con el coche, amplifica el par motor transmitiendo el proporcionado por el motor a la caja de cambios con un alto rendimiento.

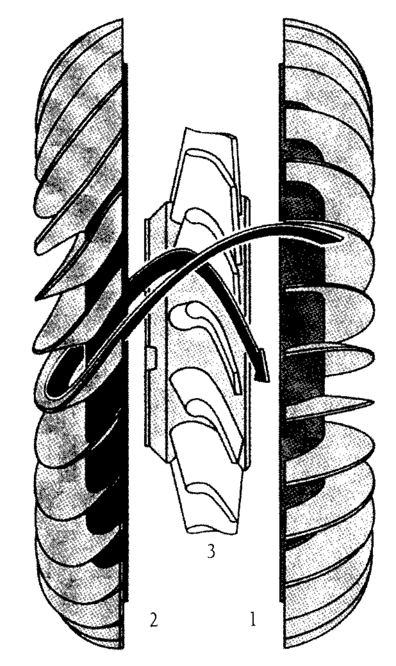


Figura 2.47.

Estructura básica.- Una bomba 1 está unida al motor, la turbina 2 al árbol primario de la caja de cambios y el reactor 3, está unido a la caja de cambios a través de una rueda libre y el eje del estator.

La bomba manda el aceite a la turbina 2 y las aletas de la turbina dirigen el aceite a las aletas del reactor, las cuales conducen el aceite a su vez a la bomba. Mediante el reactor que comunica por medio de la rueda libre con la caja de cambio, conseguimos un aumento de par, tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de velocidades entre bomba y turbina, llegando a un máximo de 1,8 a 2,0, reduciéndose a medida que aumentan las revoluciones, a una relación de par de 1:1, en este momento el conjunto reactor, bomba y turbina funciona como un bloque, habiendo un buen rendimiento de transmisión, cerca del 98/%.

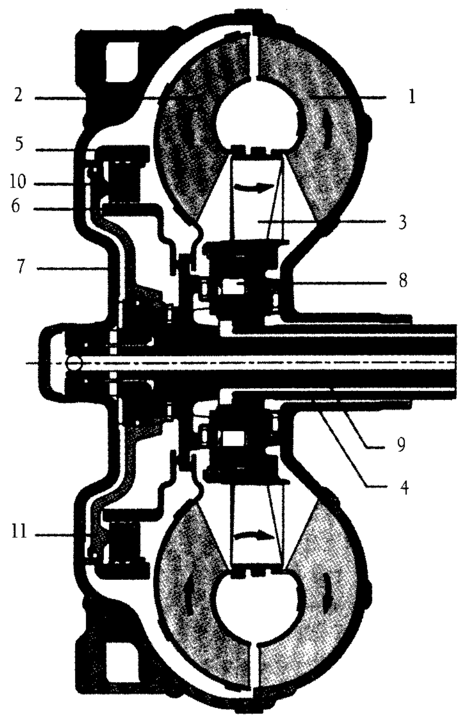
El aceite del convertidor es renovado constantemente, de forma que el calor que se produce durante el servicio pueda ser evacuado a través del radiador de aceite del cambio.

Embrague de anulación del convertidor de par. Figura, 2.48.

En determinados momentos y según las marchas, 3ª,4ª y 5ª se hace conveniente una transmisión directa entre bomba y turbina sin que exista una conversión del par motor.

El portadiscos exterior 5, está unido a la bomba 1 a través de una cubierta 7. El portadiscos interior 6, está unido a la turbina 2.

Cuando se produce una activación de la unidad de control EGS, la presión del aceite controlada por la válvula electromagnética PWM es dirigida a través del árbol primario 9 hacia la cámara de presión a través del émbolo 11. El conjunto de discos 10 es comprimido y se consigue una transmisión directa del par motor entre la bomba y la turbina.



1. Bomba
2. Turbina
3. Reactor
4. Eje del estator
5. Portadiscos exterior
6. Portadiscos interior
7. Cubierta
8. Rueda libre
9. Árbol primario
10. Conjunto de discos
11. Émbolo

Figura 2.48.

Tren de engranajes planetarios. (Fig 2.49).

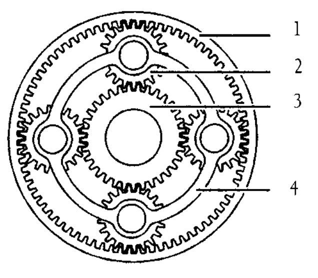
Tiene la misión de formar diferentes desmultiplicaciones. Con ayuda de frenos de discos se retiene la corona de dentado interior, el portasatélites o el planetario. La transmisión directa se consigue por medio de un embrague, uniendo dos componentes para dejar bloqueado el conjunto.

Embrague de discos. Une entre si dos piezas para bloquear los satélites. (Fig. 2.50).

Si el émbolo 4 es sometido a presión de aceite, comprime el conjunto de los discos. A través del portadiscos exterior 5 y el portadiscos interior 6, el planetario 7 se une al portasatélites 8, quedando bloqueado el tren de satélites y girando como unidad solidaria.

Freno de discos. Mediante su actuación unen una parte del tren de satélites con la caja del cambio para permitir la desmultiplicación en el tren de satélites.

Funcionamiento.- El portadiscos exterior 1 es solidario de la caja del cambio y el portadiscos interior 3 del planetario 7. Si se somete el émbolo 2 a presión de aceite, éste comprime el conjunto de discos y retiene el planetario 7. Los satélites 10 giran sobre el planetario 7 y el portasatélites 8 gira con transmisión reductora.



1. Corona de dentado interior
2. Satélite
3. Planetario
4. Portasatélites

Figura 2.49.

1. Portadiscos exterior B1
2. Émbolo B1
3. Portadiscos interior B1
4. Émbolo K1
5. Portadiscos exterior K1
6. Portadiscos interior K1
7. Planetario
8. Portasatélites
9. Rueda libre
10. Satélites

Figura 2.50

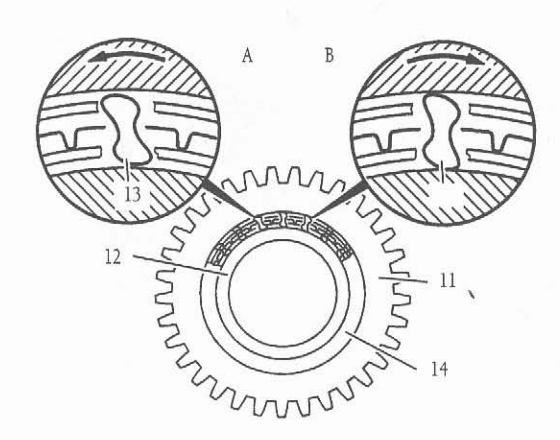


Figura 2.51

La rueda libre.- Figura 2.51.

Consta de un anillo exterior 11, un anillo interior 12, unos cuerpos de apriete de perfil especial y una jaula para los cuerpos de apriete 14.

Funcionamiento.- Cuando el anillo interior está inmóvil y el anillo exterior se mueve en el sentido de giro A, los cuerpos 13 toman una posición oblicua y el anillo exterior se desliza con resistencia reducida sobre ellos.

Si se modifica el sentido de giro del anillo exterior B, los cuerpos de apriete cambian a función de bloqueo y unen entre sí los dos anillos.

Relaciones de desmultiplicación, elementos de mando accionados.

Marcha	Desmultiplicación	B1	B2	B3	K1	K2	K3	F1	F2
1	3,59	X3)	X				X3)	X	X
2	2,19		X		X		X3)	X	X
3	1,41		X	X	X				
4	1			X	X	X			
5	0,83	X			X	X	X3)		
N	--	X					X		
R1)	-3,16	X3)		X			X	X	
R2)	-1,93			X	X		X		

1). Interruptor selector de programa en S
2). Interruptor selector de programa en W
3). Los elementos de mando son necesarios en régimen de retención

B1, B2, B3. Frenos de disco.
K1, K2, K3. Embragues.
F1, F2. Ruedas libres.

Figura 2.52

Flujo de fuerzas en las marchas.

1ª marcha. - Figura 2.53.

Elementos de actuación.- En esta desmultiplicación funcionan los tres trenes de satélites. Están acoplados: B1,B2,K3,F1 y F2.

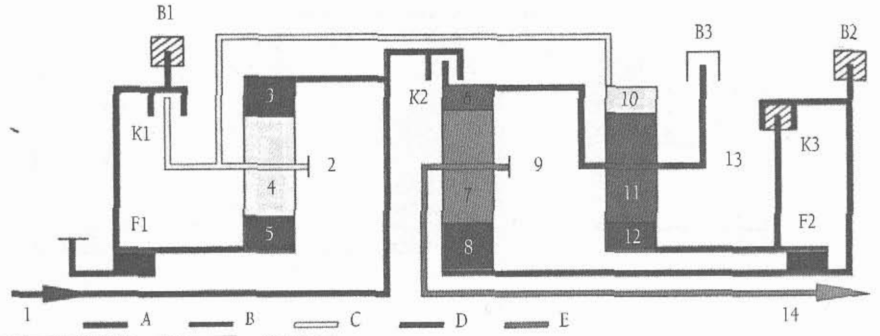


Figura 2.53

Funcionamiento.
Tren de satélites delantero:
El freno de discos B1 está acoplado y retiene al planetario 5 fijo.
La rueda libre F1 funciona en régimen de tracción. El árbol primario 1, acciona la corona de dentado interior 3. Los satélites 4 giran sobre el planetario 5, fijo y el portasatélites 2 gira con un número de revoluciones reducido en el mismo sentido que el motor.

Tren de satélites trasero:
Están acoplados el freno de discos B2 y el embrague K3. El planetario central 2 es retenido. La rueda libre F2 bloquea en régimen de tracción.
La corona 10 gira con el mismo número de revoluciones que el portasatélites delantero. Los satélites 11 giran sobre el planetario 12, fijo y el portasatélites 13 gira con un número de revoluciones reducido en el sentido de giro del motor.

Tren de satélites central.
El freno de discos B2 retiene al planetario 8. La corona 6, gira con el mismo número de revoluciones que el portasatélites trasero 13. Los satélites 7 giran sobre el planetario 8, fijo por B2 y el portasatélites 9 o el árbol secundario 14 gira con un número de revoluciones reducido en el sentido de giro del motor.

2ª Marcha.- Figura 2.54

Estructura. En esta desmultiplicación toman parte los trenes de satélites central y trasero.
Están acoplados: B2,K1,K3 y F2.

Funcionamiento.
Tren de satélites delantero:
Al estar acoplado el embrague K1 son solidarios el portasatélites 2 y el planetario 5. El tren de engranajes planetarios 4 está bloqueado y gira como unidad.

Tren de satélites trasero:
Al estar acoplados el freno de discos B2 y el embrague K3 el planetario 12 está retenido. El embrague K3 y la rueda libre F2 actúan en régimen de tracción. La corona 10 gira con el mismo número de revoluciones que el portasatélites delantero.

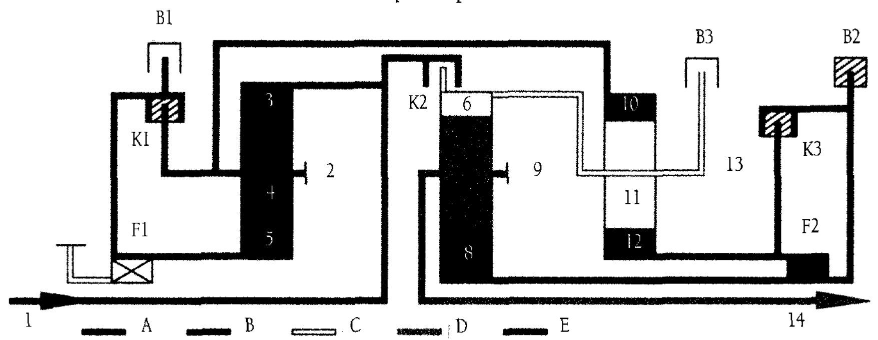


Figura 2.54

Los satélites 11 giran sobre el planetario 12 fijo, y el portasatélites 13 gira con velocidad reducida en el mismo sentido que el motor.

Tren de satélites central:
Mediante el freno de discos B2 se retiene el planetario 8. La corona 6 gira con el mismo número de revoluciones que el portasatélites trasero. Los satélites 7 giran sobre el planetario 8 fijo y el portasatélites 9 y por tanto el secundario 14 giran con un número de revoluciones reducido en el sentido de giro del motor.

3ª Marcha.- Figura 2.55.

Estructura.- En la desmultiplicación toma parte el tren de satélites central.
Están acoplados el freno B2, el embrague K1 y el embrague K2.

Funcionamiento.
Tren de satélites delantero:
El embrague K1 conecta al portasatélites 2 y al planetario 5. El tren de satélites 4 gira solidario.

Tren de satélites trasero:
Al estar acoplado el embrague K2 el movimiento del árbol primario se transmite al portasatélites 13. El portasatélites 13 gira con el mismo número de revoluciones que la corona de dentado interior 3. Están unidos el tren de satélites delantero bloqueado con el portasatélites 13 y la corona de dentado interior 6. El tren de satélites está bloqueado y gira como una unidad.

Tren de satélites central:
Al funcionar el freno B2 queda retenido el planetario 8. La corona de dentado interior 6 está unida al primario 1, por medio del embrague K2. Los satélites 7 giran sobre el planetario 8 fijo y el portasatélite 9 y por tanto el secundario 14 giran con un número de revoluciones reducido en el sentido de giro del motor.

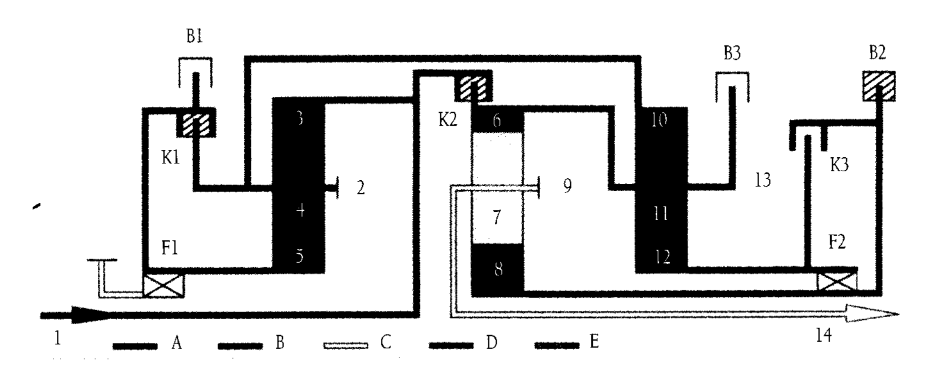


Figura 2.55

4ª marcha.- Figura 2.56.
Estructura.
Todos los trenes de satélites están bloqueados.
Están acoplados: K2, K1, K3 y F2.

Funcionamiento.
Tren de satélites delantero:
El embrague K1 está acoplado. De esta forma 2 y 5 están acoplados, el tren de satélites está bloqueado y gira como una unidad.

Tren de satélites trasero:
Al estar acoplado el embrague K2 se transmite el movimiento desde el árbol primario al portasatélites 13. El portasatélites gira a la misma velocidad que la corona dentada 3. Por tanto quedan bloqueados los trenes delantero y trasero.

Tren de satélites central:
Al estar acoplado el embrague K3 se unen los planetarios 8 y 12 de los trenes de satélites trasero y central. Este tren queda también bloqueado y todo el conjunto funciona como unidad. La velocidad del primario es igual a la del secundario.

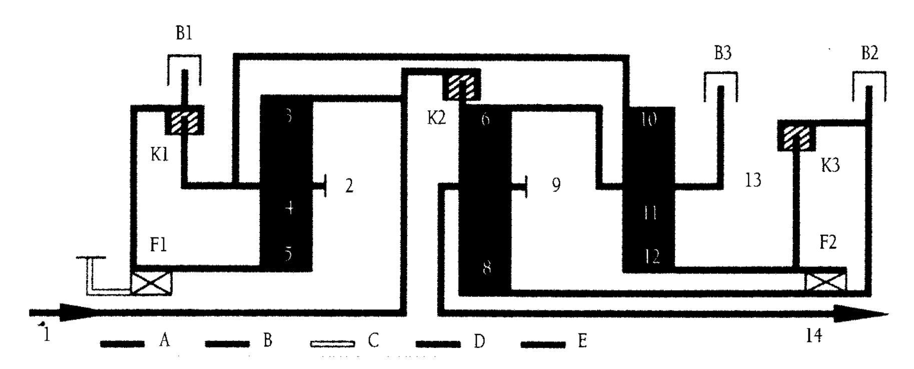


Figura 2.56

5ª marcha.- Figura 2.57.
Estructura.
Están acoplados el freno B1, los embragues K2 y K3 y la rueda libre F1.

Funcionamiento.-

Tren de satélites delantero:
El freno de discos B1 mantiene al planetario 5 retenido. El árbol primario 1 mueve la corona 3 y los satélites 4 giran sobre el planetario 5 fijo; el portasatélites 2 gira con velocidad reducida con respecto del motor y en el mismo sentido.

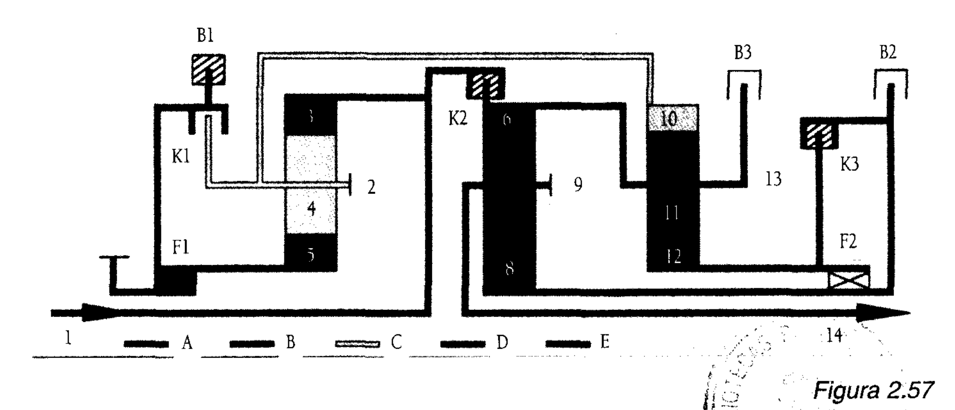


Figura 2.57

Tren de satélites trasero:

La corona 3, que gira movida por el primario 1, da movimiento a través del embrague K2 al portasatélites del tren trasero 13, a través de la corona 6 del tren central. La corona 10 recibe movimiento del portasatélites 2. De ello resulta un movimiento multiplicado del planetario 12.

Tren de satélites central:

El árbol primario da movimiento a 6 a través del embrague K2. El planetario 8 recibe el movimiento multiplicado de 12 a través del embrague K3. De ello resulta un movimiento multiplicado del tren de satélites 9 y por tanto del secundario 14.

Marcha atrás. Posición del interruptor en S. (Arranque en 1ª marcha para todas las situaciones). Figura 2.58.

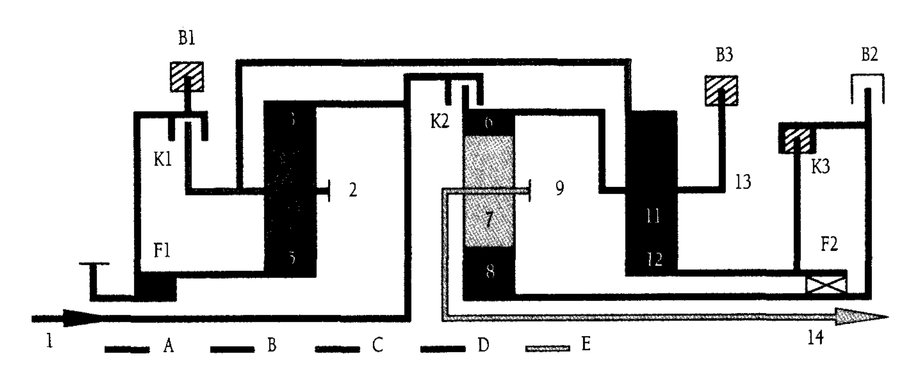


Figura 2.58

Estructura.-

Están acoplados los frenos de discos B1, B2, el embrague K3 y la rueda libre F1.

Funcionamiento:
Tren de satélites delantero:
El freno de discos B1 está acoplado y mantiene retenido al planetario 5. A través del primario F1 es accionada la corona de dentado interior 3. Los satélites 4 giran sobre el planetario 5 y el portasatélites 2 gira con un número de vueltas reducido y en el sentido de giro del motor.

Tren de satélites trasero:
El freno de discos B3 está acoplado. El portasatélites 13 es retenido. El embrague K3 une los planetarios 12 Y 8. La corona 10 es movida con la velocidad reducida del portasatélites delantero. El planetario 12 gira en sentido contrario al del motor.

Tren de satélites central.
La corona 6 está retenida por el freno de discos B3. El planetario 8 es accionado con desmultiplicación y en sentido contrario al del motor. El portasatélites 9 es accionado a través de su satélite 7, con velocidad todavía más reducida y mueve al secundario en estas condiciones.

Marcha Atrás.- Posición del interruptor en W. (Arranque en 2ª marcha excepto cuando la palanca de cambios esté en 1ª). Fig. 2.59.

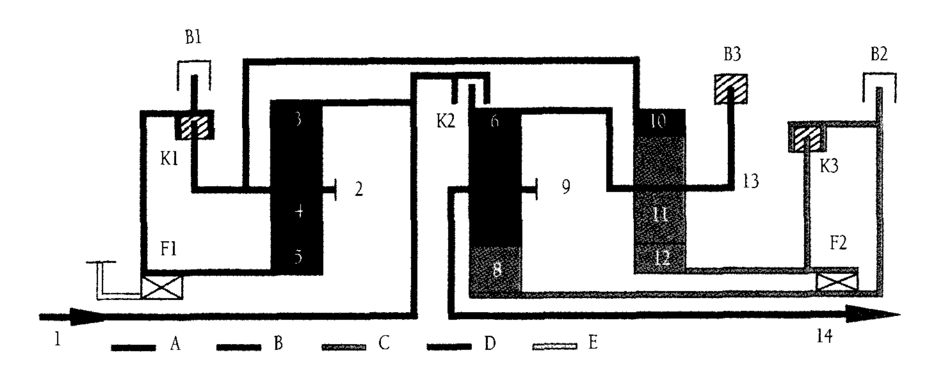


Figura 2.59

Estructura.-
Están acoplados el freno B3, el embrague K1 y K3.

Funcionamiento.-
Tren de satélites delantero:
El embrague K1 está acoplado así son solidarios 2 y 5. El primario mueve la corona 3, el resultado es el giro bloqueado del conjunto.

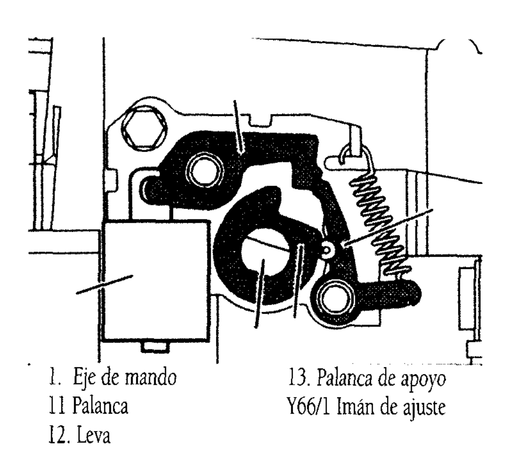
Tren de satélites trasero:
El freno de discos B3 está acoplado. El portasatélites 13 está retenido. El embrague K3 une los planetarios 8 y 12. La corona 10 es movida por el primario a través del tren delantero, bloqueado. El planetario 12 gira en sentido contrario al del motor y a velocidad reducida.

Tren de satélites central:

La corona de dentado interior 6 es retenida por el freno de discos B3. El planetario 8 es accionado con la desmultiplicación del planetario traseroEl portasatélites 9, gira con velocidad reducida con respecto de 8 y 12 y por tanto el secundario gira también en sentido contrario al del motor y con velocidad reducida.

Bloqueo de la palanca de cambios.- Se impide el movimiento de la palanca de cambio de P, posición de bloqueo a R, posición de Marcha atrás. (Fig. 2.46). El imán de ajuste de la figura 2.60. es activado a través de la unidad de control EGS y mueve la palanca 11 hacia la leva 12, bloqueando el eje de mando 1. La palanca de apoyo 13, cuando la corriente de bloqueo no esté activada se apoya en 11, para que no se mueva con las vibraciones del motor.

Se debe complementar el bloqueo con calzos y con el freno de estacionamiento.

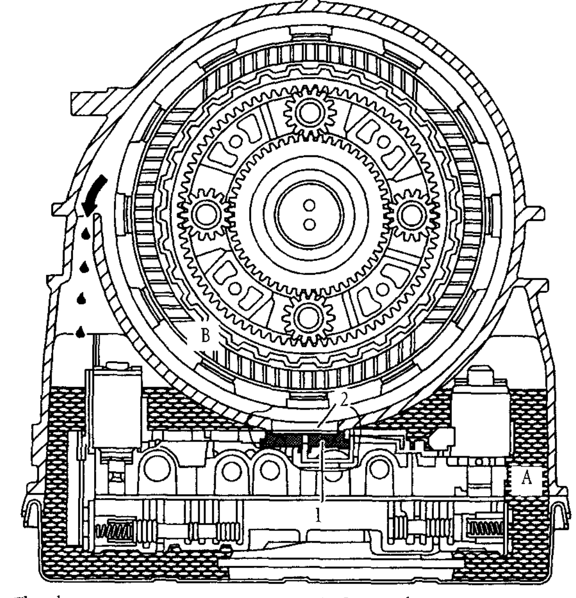


1. Eje de mando
11 Palanca
12. Leva
13. Palanca de apoyo
Y66/1 Imán de ajuste

Figura 2.60

Regulación del nivel de aceite.- Figura 2.61.

El aceite sale constantemente del conjunto de engranajes de la caja de cambios por el orificio 2, a través del flotador 1. Si el nivel fuera alto, el flotador sería empujado hacia la caja tapando el orificio, separando la cámara de aceite de la cámara del conjunto de ruedas. El aceite de lubricación que sigue desplazado por el conjunto de ruedas es centrifugado por la pared de la caja y fluye por la salida de arriba, de nuevo hacia la cámara de aceite. El aceite ocuparía mas espacio y no sería impulsado hacia fuera por exceso de nivel, evitándose las pérdidas por el exterior del cambio.



1. Flotador
2. Orificio
A. Cámara de aceite
B. Cámara del conjunto de ruedas

Figura 2.61

Ventilación de la caja de cambios.- Figura 2.62.

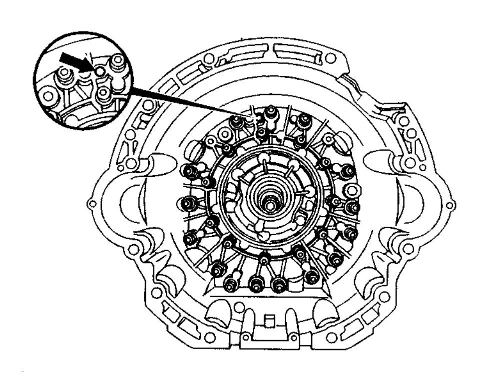


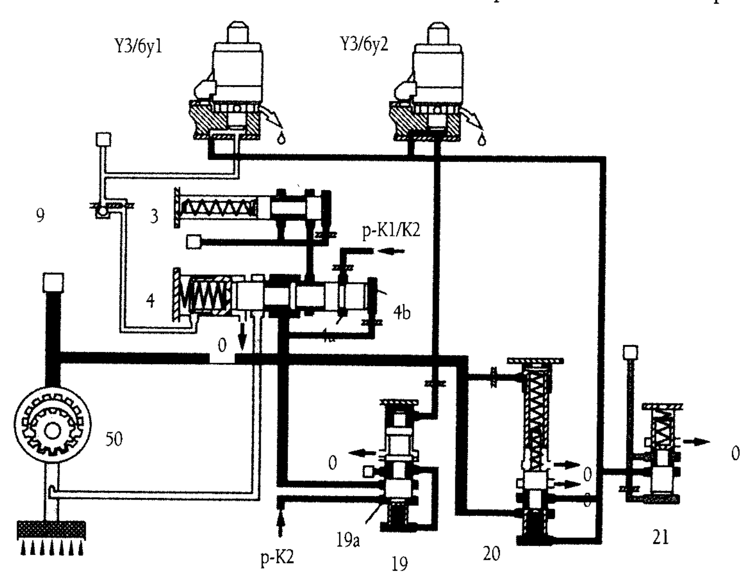
Figura 2.62

Existe un canal en la caja del convertidor de par, que une el interior de la caja con el orificio de salida, que se encuentra por encima de la bomba de aceite (flecha).

La función es compensar la presión interna con la atmosférica, evitando sobrepresiones debido al aumento de temperatura y de volumen, en caso de exceso de nivel.

Bomba de aceite.- Figura 2.63.

Suministra la presión de aceite necesaria en el sistema. Es una bomba de engranajes con hoz de guía 50 y está montada en el convertidor de par siendo accionada por él.



3.	Corredera reguladora de la presión de lubricación.	21	Corredera regul. de presión de válvula de mando
4.	Corredera reguladora de la presión de trabajo	50	Bomba de aceite
4a	Superficie anular	Y3/6y1	Válvula electromagnética de regulación de la presión reguladora
4b	Superficie frontal	Y3/6y2	Válvula electromagnética de regulación de presión mando
9	Válvula de mariposa de una vía	p-A	Presión de trabajo
19	Corredera reguladora de la presión de mando	0	Salida, pozo colector de aceite
19a	Superficie anular	◻	Para el curso posterior de las tuberías, véase esquema general del sistema hidráulico
20	Corredera reguladora de la presión de la válvula de regulación		

Figura 2.63

El valor de la presión de trabajo es variable estando en función de la "carga" (presión moduladora) y en función de la marcha (presión de K1 o K2). Se regula en la válvula corredera 4.

Las presiones son distintas según las misiones que cumplan los componentes, existiendo:

Presión de Lubricación.- P-Sm. La válvula 3 recibe la presión de aceite del convertidor de par y la regula para esta misión.

Presión moduladora.- P-Mod. Y3/6y1 en la figura. Regula la presión de trabajo, determina en la corredera de regulación de cruce 4, la presión necesaria para las marchas 1ª, 2ª/4ª,5ª.

Presión de mando.- P-S. Y3/6y2 en la figura. Regula la presión en el elemento de mando que se conecta adicionalmente para inicializar la 2ª marcha en el servicio de emergencia. Trabaja en combinación con la corredera reguladora 19 que actúa sobre el elemento de mando que se desconecta.

Presión de la válvula de regulación.- P-Rv. Alimenta la válvula electromagnética de regulación de la presión moduladora Y3/6y1, la válvula elegtromagnética de regulación de la presión de mando Y3/6y2 y la corredera reguladora de la presión de la válvula de mando 21.

Funcionamiento.

En la corredera reguladora de la presión de trabajo 4 se desvía el exceso de aceite hacia la corredera reguladora de la presión de lubricación 3, y desde allí, se emplea para la lubricación de los engranajes epicicloidales y para los ejes del convertidor de par.

La presión moduladora que actúa en la corredera reguladora de presión 4 y en las correderas reguladoras del cruce de marchas 19 se ajusta en la válvula electromagnética Y36y1. El valor de la presión depende de la carga del motor.

El valor de la presión de mando es determinado por la válvula electromagnética Y3/6y2 y la corredera reguladora de presión de mando 19, en esta corredera se recibe presión procedente del embrague K2, lo que influencia la presión de mando necesaria para la 2ª marcha.

La corredera reguladora 20 influye en la válvula Y3/6y1 reguladora de la presión moduladora.

Presión de la válvula de mando.- P-SV.Controla las correderas . Regula la presión de alimentación para la válvula electromagnética PWM del embrague de anulación Y3/6Y6.

Funcionamiento.- Figura 2.64. La presión de la válvula de mando se deriva de la presión de la válvula de regulación, es regulada en la corredera 21, en combinación con:

- válvula electromagnética de 1ª -2ª Y 4ª- 5ª, Y3/6y3.
- válvula electromagnética de 3ª-4ª Y3/6y4
- válvula electromagnética de 2ª-3ª Y3/6y5
- válvula electromagnética PWM del embrague de anulación Y3/6y6
- correderas de mando de la presión de mando 7 y 24.

Corredera reguladora del embrague de anulación .-

- Controla el embrague de anulación del convertidor.
- Distribuye el aceite de lubricación

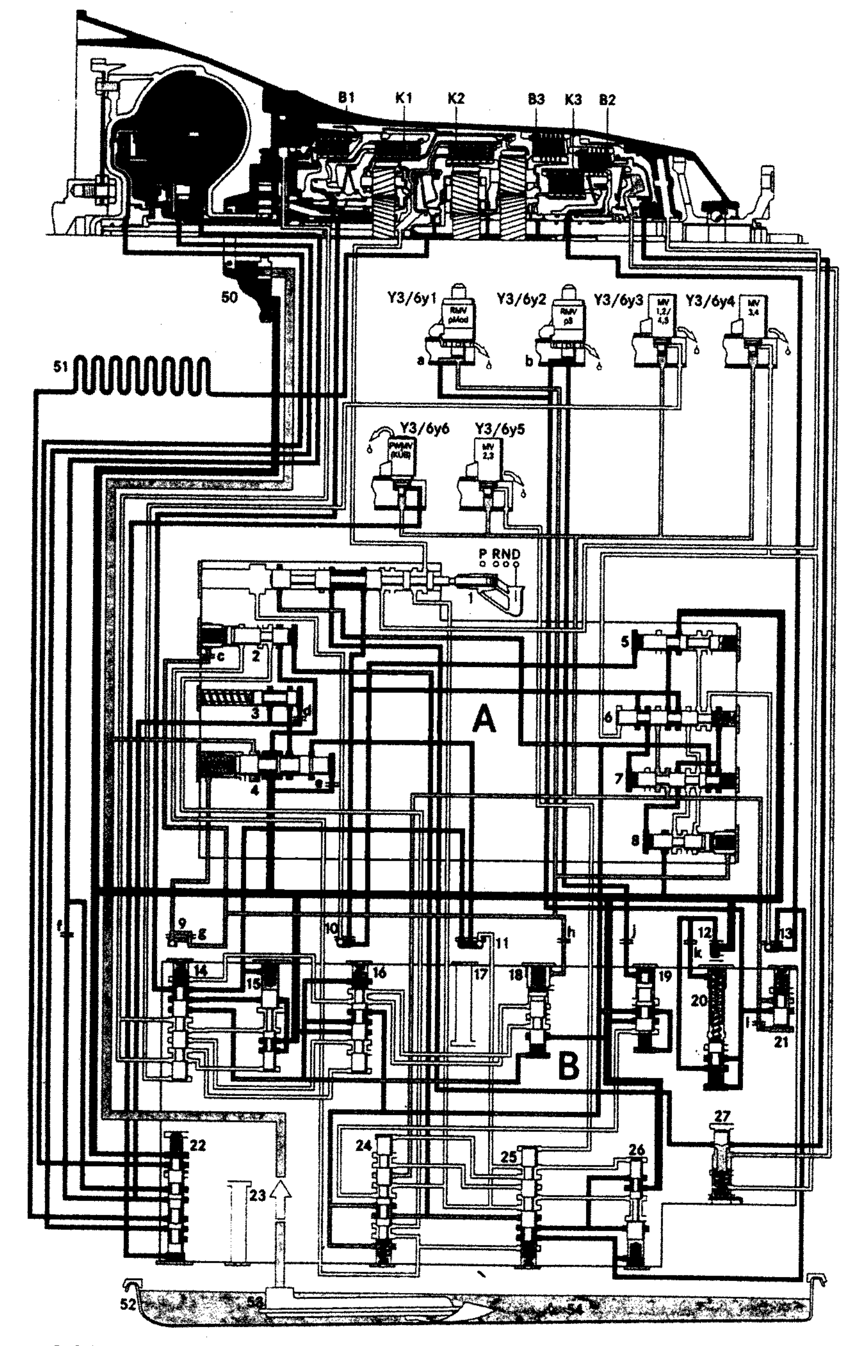

B1
K1
K2
B3
K3
B2
Y3/6y1
Y3/6y2
Y3/6y3
Y3/6y4
Y3/6y6
Y3/6y5
P RND
A
B
50
51
52
53
54
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

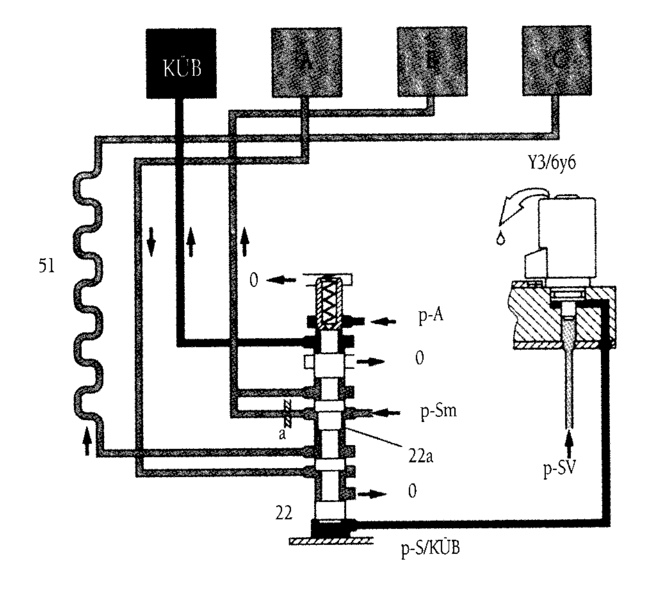
Figura 2.64.

Funcionamiento.- La presión de trabajo p-KÜB del embrague de anulación del convertidor es regulada por la corredera 22, en función de la presión de trabajo el embrague estará:

- conectado
- desconectado
- en servicio de resbalamiento.

Cuando la corredera 22, (fig 2.65), está en su parte baja se produce la lubricación hacia el convertidor de par, al refrigerador de aceite y al cambio.

En su posición de "servicio de resbalamiento" , fluye una cantidad de aceite reducida a través del radiador al cambio. Otra parte del aceite sale de la válvula 22 hacia el embrague de anulación del convertidor.



22.	Corredera reguladora del embrague de anulación	Y3/6y6	Válvula electromagnética PWM del embrague de anulación
22a	Estrangulador de rendija anular	p-A	Presión de trabajo
51	Refrigerador de aceite	p-S/KÜB	Presión de mando del embrague de anulación
A	Salida del convertidor	p-SV	Presión de la válvula de mando
B	Emtrada del convertidor	p-Sm	Presión de lubricación
C	Puntos de lubricación del cambio	a	Estrangulador
KÜB	Embrague de anulación del convertidor	0	Salida, pozo colector de aceite

Figura 2.65

8.7.3. Grupos de acoplamiento

Los elementos que actúan durante y después de un cambio de marchas, elementos hidráulicos y elementos de mando, se denominan grupos de acoplamiento. El sistema hidráulico comprende tres grupos de acoplamiento.

Un grupo de acoplamiento se puede encontrar en dos fases:

- Fase de acoplamiento.
- Fase estacionaria.

En la fase de acoplamiento en un grupo de acoplamiento, se produce una actuación del embrague y freno de discos correspondientes. Los otros dos grupos se encuentran entonces en fase estacionaria.

Grupo de acoplamiento K1/B1 (cambio de marchas 1ª-2ª/2ª-1ª y 4ª-5ª/5ª-4ª). Figura 2.64.

Comprende:

- Embrague K1.
- Freno B1
- Corredera de mando 14
- Corredera de mando de presión de retención 15.
- Corredera de mando de la presión de mando 16.
- Corredera reguladora de cruce 18.
- Válvula electromagnética Y3/6y3.

Cambio de marchas.- Los trenes epicicloidales están siempre acoplados, pero el movimiento llega a un elemento, planetario, satélite, eje de satélites o corona, mediante la conexión o desconexión de los embragues y frenos de discos, interviniendo los elementos hidráulicos.

Grupo de acoplamiento K2/K3 (cambio de marchas 2ª,3ª/3ª,2ª).

Comprende:

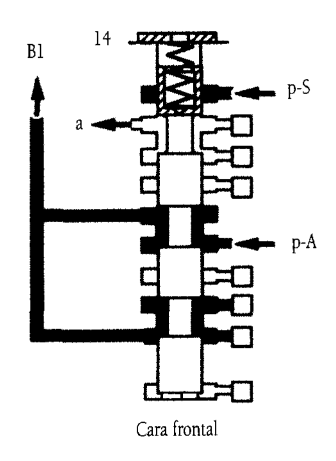
- Embrague K2
- Embrague K3
- Corredera de mando 25.
- Corredera de mando de la presión de retención 26.
- Corredera de mando de la presión de mando 24.
- Corredera reguladora de cruce 2.
- Válvula electromagnética Y3/6 y 5.

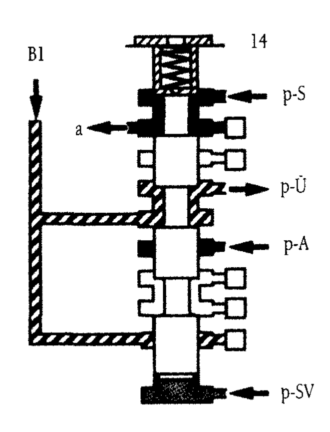
Grupo de acoplamiento K3/B2 (cambio de marchas 3ª, 4ª/4ª,3ª)
Comprende:

- Embrague K3
- Freno B2
- Freno B3
- Corredera de mando 6
- Corredera de mando de la presión de retención 5
- Corredera de mando de la presión de mando 7
- Corredera reguladora de cruce 8
- Válvula electromagnética Y3/6 y 4.

Corredera de mando.- Figura 2.66.

Conecta el grupo de acoplamiento desde la fase estacionaria a la fase de acoplamiento y a la inversa.





14	Corredera de mando	p-S/RMV	Presión de mando de la válvula electromagnética de regulación
a	Elemento de mando a desconectar	p-SV	Presión de la válvula de mando
b	Elemento de mando a conectar	RS-Ü	Corredera reguladora de cruce
p-A	Presión de trabajo		

Figura 2.66

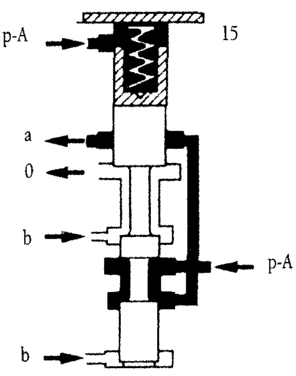
Funcionamiento.- Cuando en la corredera no hay presión en la cara frontal (fase estacionaria), la presión de trabajo p-A es dirigida al elemento de mando accionado B1.

Si se somete la cara frontal de la corredera de mando a presión, p-SV, (fase de acoplamiento), la presión de mando p-A es conectada al elemento que se quiere hacer intervenir y la corredera permite una presión de cruce p-Ü al elemento que se desconecta.

Corredera de mando de la presión de retención.- Figura 2.67.

Asigna presión a un elemento de mando de un grupo de acoplamiento, Freno de discos K1, K2, K3.

Funcionamiento.- La corredera de mando de la presión de retención es conectada mediante las presiones existentes en la cara frontal de los elementos de mando y un resorte p-A.



15	Corredera de mando de la presión de retención
p-A	Presión de trabajo
a	Elemento de contacto
b	Elemento no concectado
0	Salida, pozo colector de aire

Figura 2.67

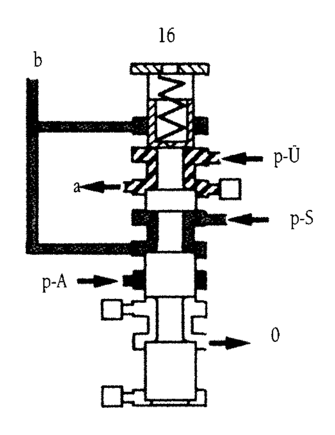
Al elemento de mando B1, por ejemplo, fig 2.53., le somete a presión de trabajo reteniendo el elemento 5. El otro elemento de mando B3 que puede poner conectado a los elementos del grupo 1°, 4 y 2, está sin presión, b en la figura 2.67.

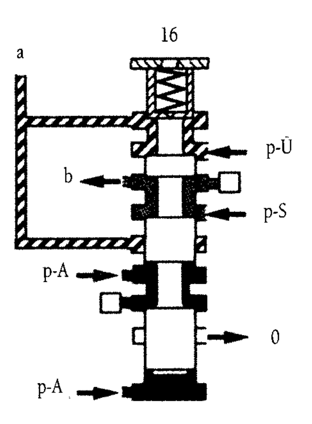
Esta conmutación funciona sólo durante la fase de acoplamiento.

Corredera de mando de la presión de mando.-
Esta corredera asigna la presión de mando p-S al elemento de mando b que se conecta, y la presión regulada p-Ü por la intervención del muelle y superficie de contacto de la corredera, al elemento de mando que se desconecta.

Funcionamiento.- Figura. 2.68.

La corredera de mando 16 es sometida en la fase estacionaria, de forma frontal, a una presión de trabajo p-A de uno de los elementos de mando de un grupo de acoplamiento, estando en contacto con él.





16	Corredera demando de la presión de mando	RS-Ü	a la corredera reguladora de cruce
p-A	Presión de trabajo	a	Elemento de mando a desconectar
p-S	Presión de mando	b	Elemento de mando a conectar
		0	Salida, pozo colector de aceite

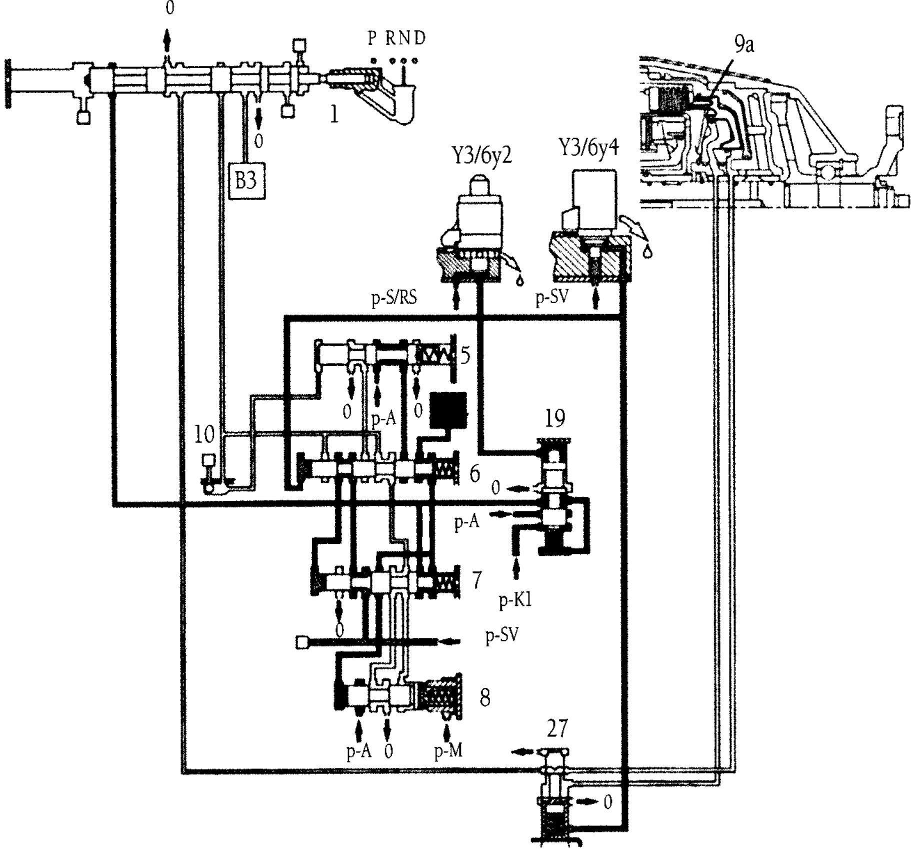
Figura 2.68

En la fase de acoplamiento, fig de la derecha, se ve como queda desconectada la presión de mando p-S del elemento de mando, al incidir la presión p-A en la cara frontal de la corredera.

Proceso de acoplamiento de N, ninguna marcha acoplada, a D, posibilidad de acoplar las cinco marchas hacia adelante acoplando la 1ª.-

Funcionamiento en la posición N de la palanca selectora.- Figura 2.69.

En el émbolo del freno de discos B2 no existe presión, 9a, en la figura. El conducto de su acoplamiento y el de su desconexión han sido evacuados por la palanca selectora 1.



1	Corredera selectora	27	Corredera de mando B2
5	Corredera de mando presión retención 3ª-4ª	p-A	Presión de trabajo
6	Corredera de mando 3ª-4ª	p-SV	Presión de la válvula de mando
7	Corredera de mando de presión de mando 3ª-4ª	p-S/RS	Presión de mando/corredera reguladora
8	Corredera reguladorea de cruce	Y3/6y2	Válvula electromagnética de la regulación de la presión de mando
9a	Émbolo B2	Y3/6y4	Válvula electromagnética 3ª-4ª
19	Corredera reguladora de la presión de mando	□	Para el curso posterior de las tuberías, véase el esquema general del sistema hidráulico

Figura 2.69

La válvula electromagnética Y3/6y4 permite que la presión de la válvula de mando p-SV, actúe sobre la superficie frontal de la corredera de mando 6, venciendo el muelle hacia la derecha.

La corredera reguladora de la presión de mando 19, regula una presión de mando que llega al embrague K3, que en 1ª marcha está conectado.

Posición D de la palanca selectora, proceso de acoplamiento.- Figura 2.70.

La presión p-SRS es reducida por la válvula electromagnética de regulación Y3/6y2 a través de la corredera reguladora de la presión de mando 19, haciendo que funcione la regulación de "cruce" en la corredera reguladora 8. Mediante las correderas 7, 6 y 27, esta presión de regulación llega a los dos conductos del freno de discos B2, 9ª.

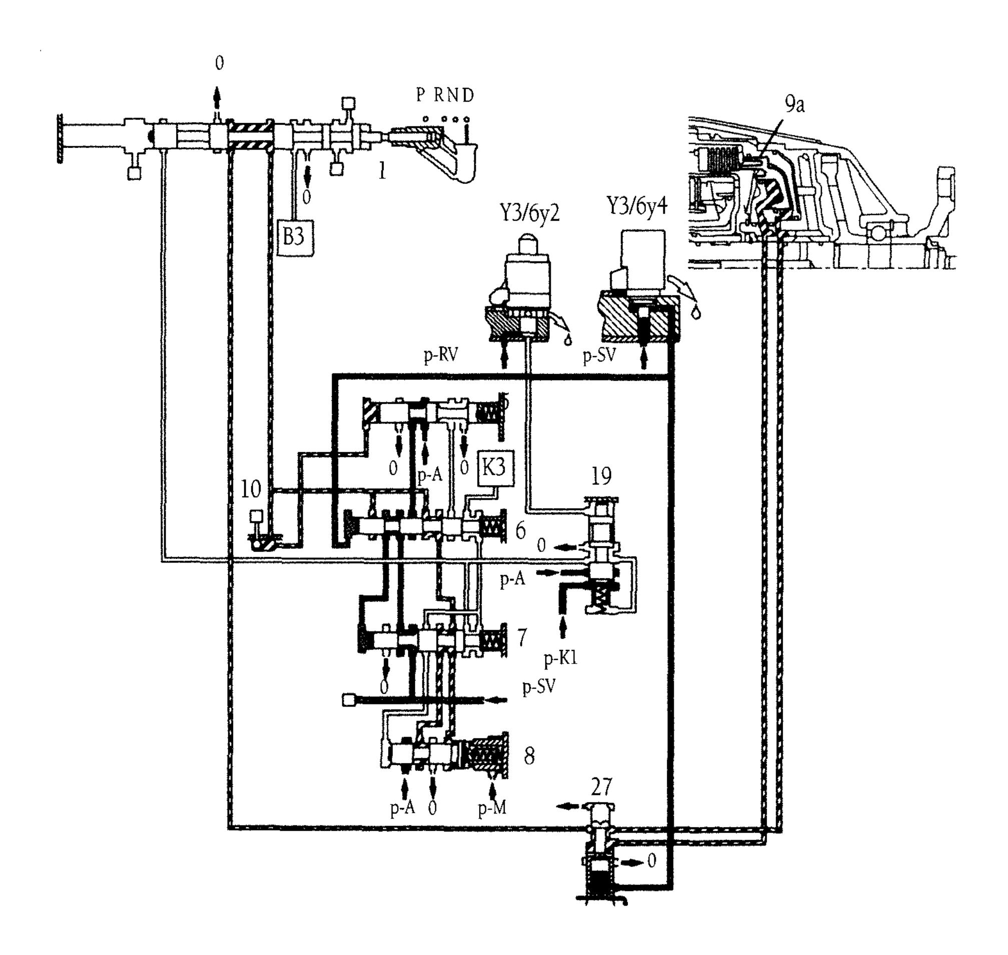
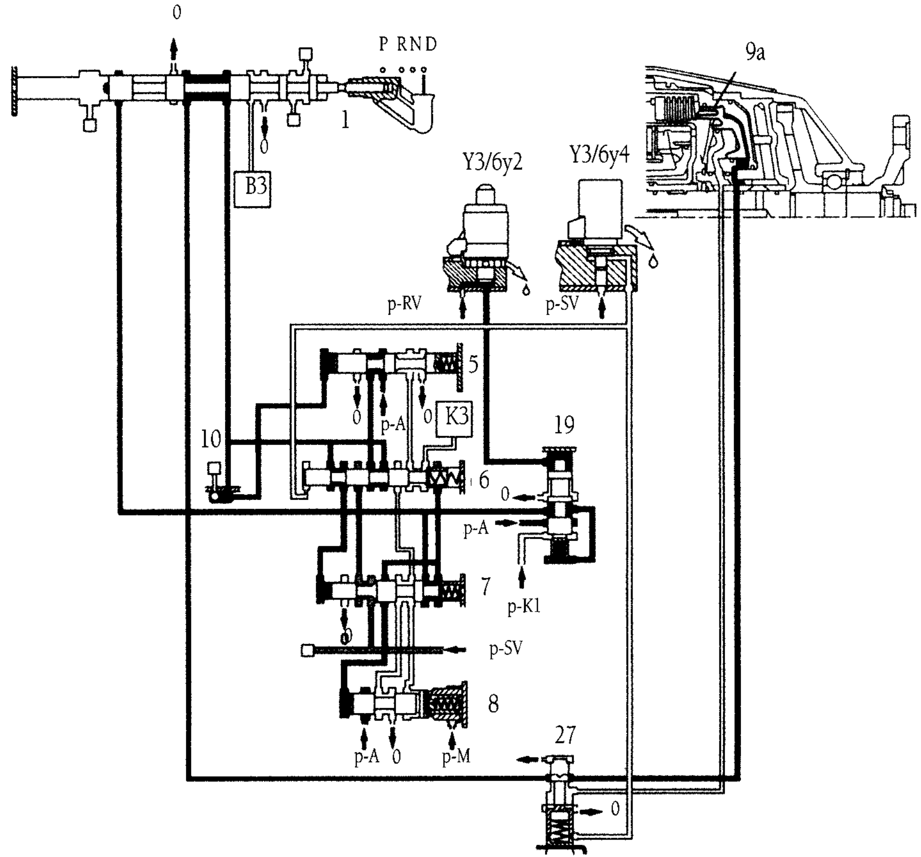


Figura 2.70.

Posición D de la palanca selectora, 1ª marcha.- Figura 2.71.

Una vez finalizado este proceso de acoplamiento se desconecta la válvula Y3/6y4. La corredera de mando 6 se desplaza a la izquierda y permite que la presión de cruce que existía (circuito rojo y blanco) sea ahora presión de trabajo p-A, llegando al freno de discos B2, por el conducto de accionamiento.



1	Corredera selectora	27	Corredera de mando B2
5	Corredera de mando presión retención 3ª-4ª	p-A	Presión de trabajo
		p-SV	Presión de la válvula de mando
6	Corredera de mando 3ª-4ª	p-S/RS	Presión de mando/corredera reguladora
7	Corredera de mando de presión de mando 3ª-4ª	Y3/6y2	Válvula electromagnética de la regulación de la presión de mando
8	Intersección en la corredera reguladora	Y3/6y4	Válvula electromagnética 3ª-4ª
9a	Émbolo B2		Para el curso posterior de las tuberías,
19	Corredera reguladora de la presión de mando	□	véase el esquema general del sistema hidráulico

Figura 2.71.

Acoplamiento 1ª-2ª.- Figura 2.72.

En la 2ª marcha se debe de producir que el embrague K1 estè acoplado y el freno B1 esté desconectado, según vimos en la fig 2.54.

Intervienen en la operación:

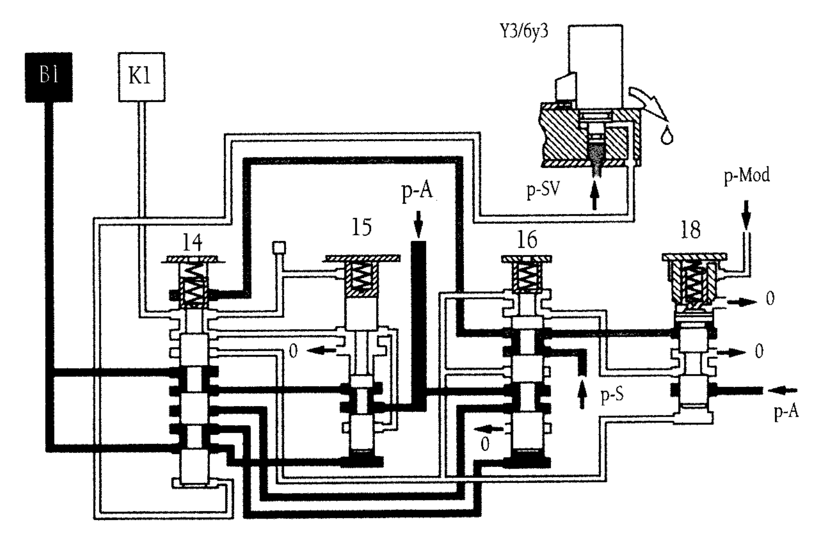
- La corredera de mando 14 de 1ª,2ª y 4ª,5ª.
- La corredera de mando de la presión de retención 15
- La corredera de mando de la presión de mando 16
- La intersección en la corredera reguladora 18

Situación con la 1ª marcha acoplada.- La cara frontal de la corredera de mando 14 es mantenida sin presión por la válvula electromagnética Y3/6 y3.

La presión de trabajo p-A incide en el freno de discos B1 a través de la corredera de mando de la presión de retención 15.

El embrague K1 está sin presión.

En la cara frontal de la corredera de mando de la presión de retención 15 y de la presión de mando 16, existe presión que viene de la existente en el freno de discos B1.



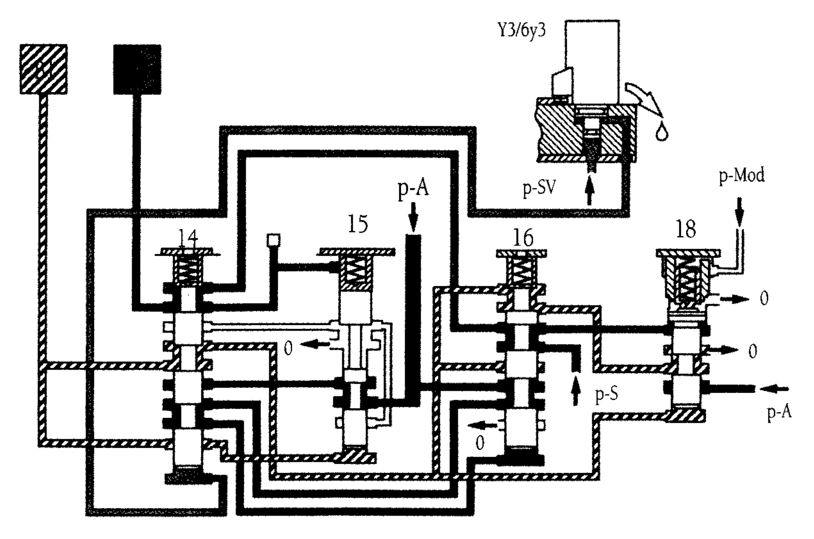
14	Corredera de mando 1ª-2ª/4ª-5ª	0	Salida, pozo colector de aceite
15	Corredera de mando de la presión de retención 1ª-2ª/4ª-5ª	B1	Freno B1
		K1	Embrague K1
16	Corredera de mando de la presión de mando 1ª-2ª/4ª-5ª	p-A	Presión de trabajo
		p-Mod	Presión moduladora
18	Intersección en la corredera reguladora 1ª-2ª/4ª-5ª	p-S	Presión de mando
		p-SV	Presión de la válvula de mando
Y3/6y3	Válvula electromagnética 1ª-2ª/4ª-5ª		

Figura 2.72.

Fase de acoplamiento previa.- Figura 2.73.

La válvula Y3/6y3 deja pasar presión a la cara frontal de la corredera 14. La corredera de mando es desplazada y la presión de mando p-S que procede de la corredera de mando de la presión de mando 16, es dirigida a través de la corredera de mando 14 al embrague K1.

El freno B1 es sometido simultáneamente por la corredera reguladora de cruce 18 a la presión de cruce.

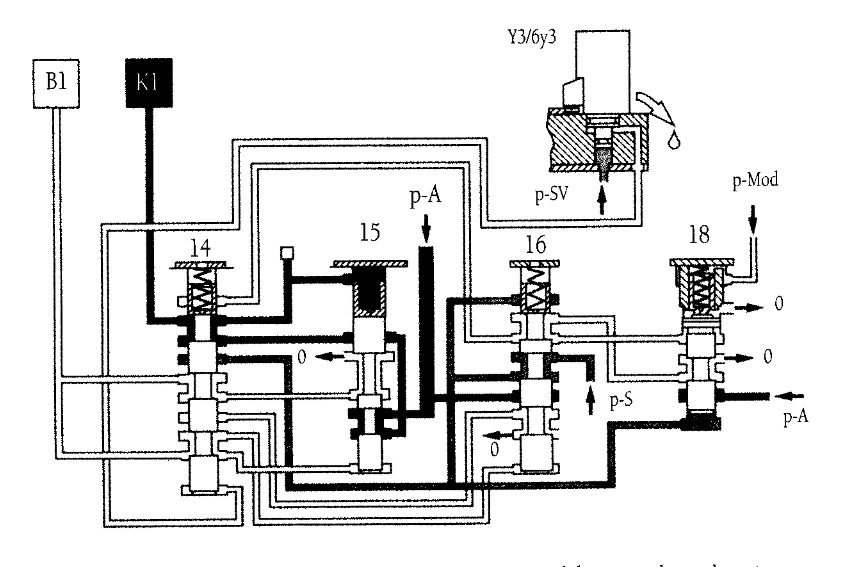


14	Corredera de mando 1ª-2ª/4ª-5ª	0	Salida, pozo colector de aceite
15	Corredera de mando de la presión de retención 1ª-2ª/4ª-5ª	B1	Freno B1
		K1	Embrague K1
16	Corredera de mando de la presión de mando 1ª-2ª/4ª-5ª	p-A	Presión de trabajo
		p-Mod	Presión moduladora
18	Intersección en la corredera reguladora 1ª-2ª/4ª-5ª	p-S	Presión de mando
		p-SV	Presión de la válvula de mando
Y3/6y3	Válvula electromagnética 1ª-2ª/4ª-5ª		

Figura 2.73.

2ª marcha acoplada.- Figura 2.74.

Una vez efectuado el cambio de marcha, por la actuación del embrague K1, la válvula Y3/6y3 disminuye la presión en la corredera de mando 14 y ésta es empujada a la posición básica. La presión que le llega al embrague K1 viene ahora a través de la corredera de mando de la presión de retención 15 y de la corredera de mando 14, al embrague K1. El freno B1 es desconectado sin presión debido a que el muelle de la corredera de mando de la presión de mando 16, desplaza ésta a la posición básica.



14	Corredera de mando 1ª-2ª/4ª-5ª	0	Salida, pozo colector de aceite
15	Corredera de mando de la presión de retención 1ª-2ª/4ª-5ª	B1	Freno B1
16	Corredera de mando de la presión de mando 1ª-2ª/4ª-5ª	K1	Embrague K1
18	Intersección en la corredera reguladora 1ª-2ª/4ª-5ª	p-A	Presión de trabajo
Y3/6y3	Válvula electromagnética 1ª-2ª/4ª-5ª	p-Mod	Presión moduladora
		p-S	Presión de mando
		p-SV	Presión de la válvula de mando

Figura 2.74.

8.7.4. Mando electrónico/eléctrico de la caja de cambios Figura 2.75.

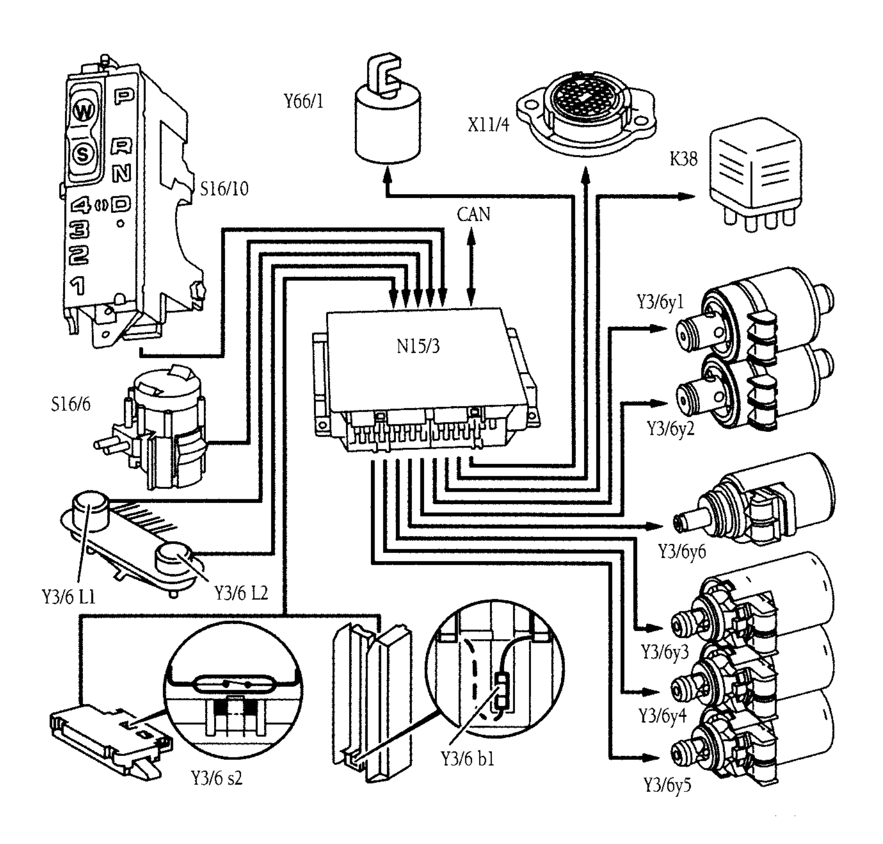
En la figura se ve el conjunto de componentes electrónicos/eléctricos que se encargan del funcionamiento de la caja de cambios 722 cinco velocidades.

Unidad de control EGS (N15/3).- Es quien determina el estado de serviciò momentáneo del vehículo controlando todos los procesos de acoplamiento.

Funcionamiento: en la unidad de control están reunidas las siguientes funciones:

Programa de acoplamiento.-
El programa de acoplamiento básico tiene en cuenta:
- La posición del acelerador
- La velocidad del vehículo

Analizando:
- La calzada
- Las pendientes



Y3/6y1	Válvula electromagnética de regulación, presión moduladora
Y3/6y2	Válvula electromagnética de regulación, presión de mando
Y3/6y3	Válvula electromagnética cambio 1ª-2ª y 4ª-5ª
Y3/6y4	Válvula electromagnética cambio 3ª-4ª
S16/10	Interruptor de identificación de posición
S16/6	Interruptor de sobregás
Y66/1	Imán de ajuste, bloqueo P/R
X11/4	Acoplamiento de comprobación para diagnósticos
K38	Relé de bloqueo de arranque
Y3/6y5	Válvula electromagnética, cambio 2ª-3ª
Y3/6y6	Válvula electromagnética PWM, anulación del convertidor
Y3/6 L1	Transmisor del número de revoluciones n3
Y3/6 L2	Transmisor del número de revoluciones n2
Y3/6s1	ASK
Y3/6b1	Sonda térmica

Figura 2.75

- La carga
- La temperatura del aceite del cambio
- El modo de conducción

En función de estos parámetros actúa sobre los mandos eléctricos que a su vez determinan decisiones hidráulicas.

Existen unas señales de entrada a la Unida de control:

- Posición del acelerador
- Nº de revoluciones de las ruedas traseras izquierda y derecha.
- Nº de revoluciones del motor
- Par motor
- Acuse de protección del cambio
- Temperatura del líquido refrigerante
- Solicitud de cambio a marcha inferior
- Solicitud de arranque en 2ª marcha
- Solicitud de retención de marcha.
- Solicitud de calentamiento del aceite
- Solicitud de apertura de embrague de anulación

Señales de Salida: manda actuaciones a los elementos siguientes:

- Válvula electromagnética, cambio 1ª,2ª/4ª,5ª
- Válvula electromagnética, cambio 2ª-3ª
- Válvula electromagnética cambio 3ª-4ª
- Válvula electromagnética PWM, anulación del convertidor
- Válvula electromagnética de regulación de la presión moduladora
- Válvula electromagnética de regulación de la presión de mando
- Bloqueo
- Bloqueo de arranque

Unidad eléctrica de control.- Figura 2.76.

Convierte las señales eléctricas de la unidad de control en funciones hidráulicas. Tiene sensores que suministran a la unidad de control EGS, señales de entrada eléctricas.

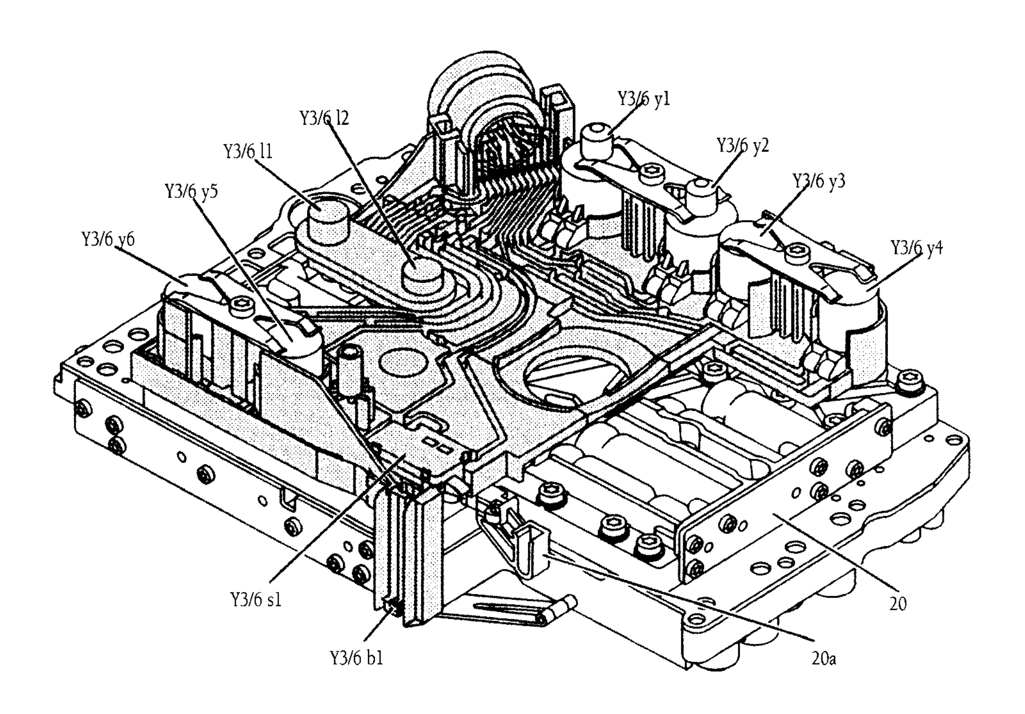
Estructura.- La unidad eléctrica de control y la placa de mando forman una unidad de control electrohidráulico.

La unidad eléctrica contiene seis válvulas electromagnéticas, el contacto de bloqueo de arranque, dos transmisores del nº de revoluciones, una sonda térmica y un acoplamiento de enchufe de 13 polos.

Un sistema de cables la conexionan a la EGS.

Válvulas electromagnéticas para cambios a marchas superiores/inferiores.- (Fig. 2.77.) Son las válvulas Y3/6y3 Y3/6y4 y Y3/6y5 las que intervienen en este proceso.

Está hermetizadas mediante dos anillos toroidales 13 y 14 frente a la placa de mando. Son empujadas por los resortes de las láminas 10 contra la placa de mando 20. Los resortes de contacto 11 engranan en una ranura de vías impresas conductoras, garantizando un contacto seguro.



Y3/6y1	Válvula electromagnética de regulación, presión moduladora
Y3/6y2	Válvula electromagnética de regulación, presión de mando
Y3/6y3	Válvula electromagnética cambio 1ª-2ª y 4ª-5ª
Y3/6y4	Válvula electromagnética cambio 3ª-4ª
S16/10	Interruptor de identificación de posición
S16/6	Interruptor de sobregás
Y66/1	Imán de ajuste, bloqueo P/R
X11/4	Acoplamiento de comprobación para diagnósticos
K38	Relé de bloqueo de arranque
Y3/6y5	Válvula electromagnética, cambio 2ª-3ª
Y3/6y6	Válvula electromagnética PWM, anulación del convertidor
Y3/6 L1	Transmisor del número de revoluciones n3
Y3/6 L2	Transmisor del número de revoluciones n2
Y3/6s1	ASK
Y3/6b1	Sonda térmica

Figura 2.76

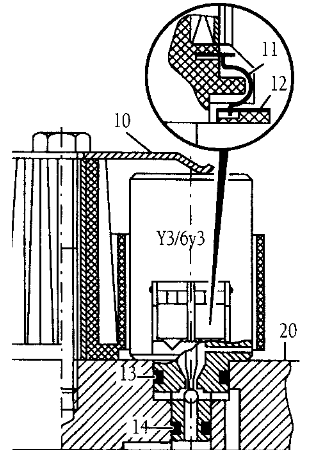


Figura 2.77

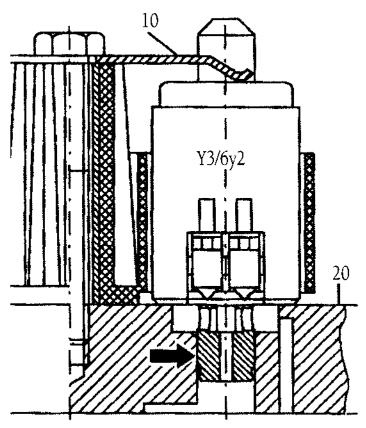


Figura 2.78

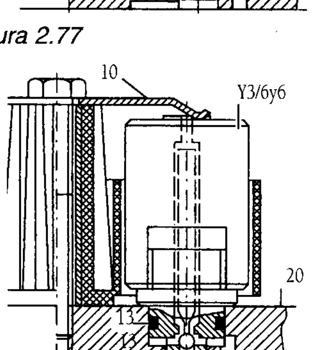


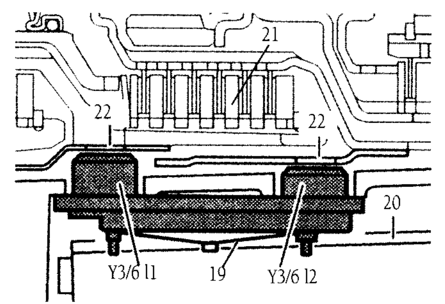
Figura 2.79.

Válvulas electrónicas de regulación de presión reguladora de mando. Figura 2.78.

Son las válvulas electromagnéticas de regulación Y3/6y1 y Y3/6y2, poseen un asiento de ajuste y son estancas con una junta con la placa de mando.

Válvula electromagnética PWM de control del embrague de anulación del convertidor.- Figura 2.79.

Convierte una señal de corriente mandada por la unidad de control, en una presión de líquido que anula el embrague del convertidor.



Y3/6y1	Transmisor del número de revoluciones
Y3/6y2	Transmisor del número de revoluciones
19	Resorte de láminas
20	Placa de mando
21	Anillos inductores de impulsos

Figura 2.80.

Transmisores del nº de revoluciones.- Figura 2.80.

Las señales de los transmisores del número de revoluciones de las ruedas y del motor son recogidas en la unidad de control.

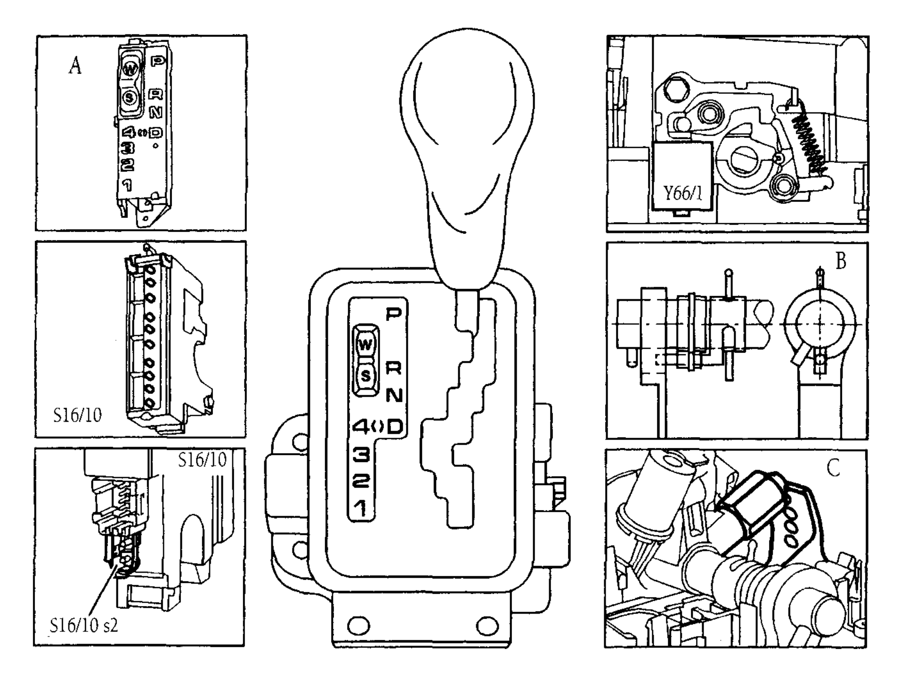
Los transmisores Y3/6/1 e Y3/6/2 están unidos firmemente con el cuerpo portador mediante lengüetas de contacto. Los resortes de láminas 19 empujan a los transmisores del nº de revoluciones contra la caja de cambios, recibiendo los impulsos de los anillos 21.

Palanca de cambio sobre el túnel.- Figura 2.81.

La palanca de cambio es el elemento central de mando para que el conductor pueda influir sobre el cambio automático.

Estructura.- En la palanca de cambio están integradas las siguientes funciones:

Indicador de posición con interruptor selector de programa S/W.- S es programa estandard, arranque en 1ª. W es programa de invierno, arranque en 2ª salvo cuando la palanca esté en 1ª marcha.
Interruptor de identificación de marcha S16/10
Interruptor de luz de marcha atrás Si6/10 s2
Bloqueo de las posiciones R y P de la palanca selectora. R es la posición de marcha atrás P es bloqueo de estacionamiento y posición de arranque.
Mecánica de desacoplamiento, cambio D-4. Con D disponemos de 5 marchas hacia adelante. Con 4 disponemos de las 4 marchas primeras.
Enclavamiento del mando. Consigue la fijación en la posición elegida P,R,N,D.



A	Indicador de posición	S16/10	Interruptor de identificación de marchas
B	Mecánica de desacoplamiento	S16/10 s2	Interruptor de luz de marcha atrás
C	Enclavamiento de mando	Y66/1	Imán de ajuste, bloqueo R/P

Figura 2.81.

8.7.5. Caja de cambios de 7 marchas ZF.- Fig. 2.82.

Basada en anteriores modelos reduce un gran número de piezas. Sustituye el convertidor de par para el arranque por un embrague más sencillo. La caja de cambios 7P es, en comparación con una transmisión automática de cinco marchas más pequeña y notablemente ligera. Permite pasar de una marcha larga a otra mucho más corta (por ejemplo de 7ª a 4ª), sin engranes intermedios. En la actualidad no tiene vehículo destinatario, BMW y MERCEDES, parecen dos clientes seguros. La elasticidad del motor y la capacidad de reacción del vehículo aumentan sensiblemente, adquiriendo aceleraciones y deceleraciones mas efectivas.

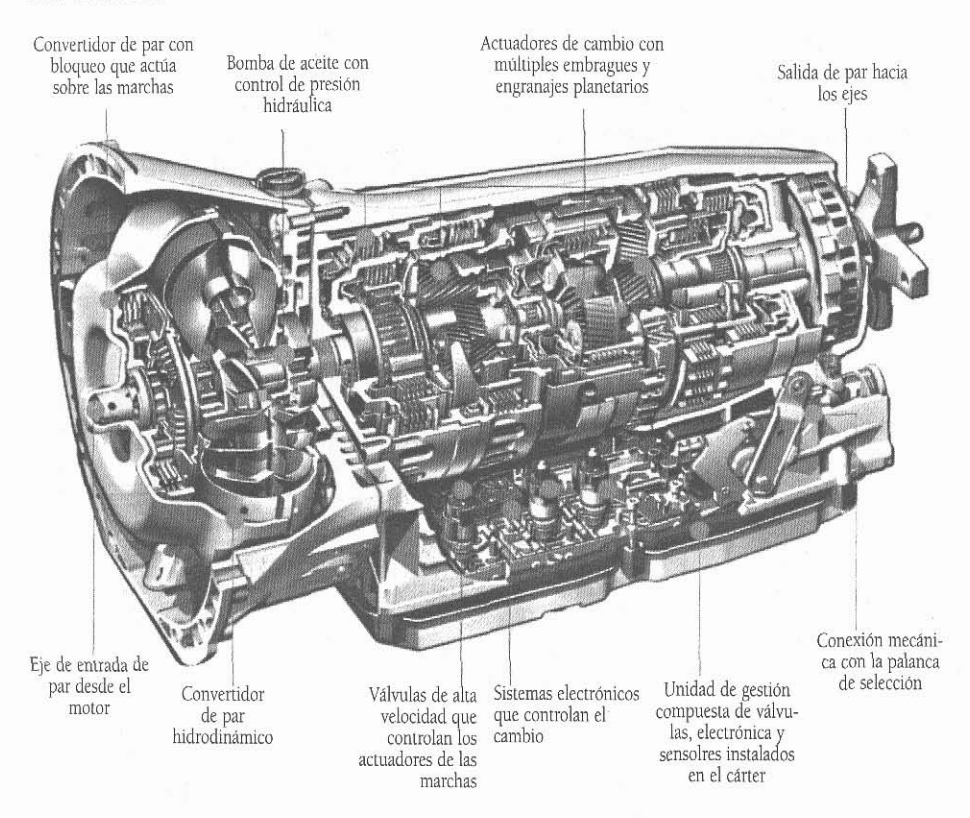


Figura 2.82.

8.8. Transmisiones automáticas para camiones

Son fundamentalmente iguales a las explicadas: Hydramatic y convertidor Borg-Warner. Para camiones y autobuses, especialmente de tamaños o cargas grandes, es muy usada la transmisión americana *Allison* (llamada Powermatic por Chevrolet; Transmatic-Drive por Ford, y Torqmatic por Dodge). Consta de un convertidor de par, una caja de cambios con cuatro engranajes planetarios (seis marchas adelante y una atrás) y los conocidos mandos hidráulicos para el funcionamiento automático del cambio.

El convertidor actúa como tal al arrancar y cuando la velocidad disminuye circulando cargado. Cuando no es necesario el efecto multiplicador del par, el convertidor trabaja como simple embrague hidráulico; pero en las rampas y tráfico callejero, automáticamente actúa como convertidor siempre que el cambio vaya en 3ª (con la palanquita en DR o INT) o en 1ª (palanquita en LOW). En cuanto la velocidad del motor alcanza un valor desahogado, queda fuera de acción el embrague hidráulico por entrar en funciones un embrague automático de disco. De esta forma se aprovechan las seis combinaciones del cambio para mayor rendimiento (consumo no aumentado) y sólo se gasta un poco más cuando resultan necesarias las ventajas del embrague hidráulico o del convertidor de par, por este orden.

8.9. Transmisión de cambio variable automático: CTV

Adaptada por Volvo, su funcionamiento es el siguiente: el giro del motor es transmitido a las ruedas motrices a través de dos poleas: una primaria y otra secundaria. La primaria acciona a la secundaria mediante una correa en V. El diámetro de la correa es variable ajustando la distancia entre los discos de las poleas (Fig. 2.83-1 y 2).

Cuando los discos están separados al máximo, las correas describen una circunferencia pequeña cerca del eje de la polea. A medida que disminuye la separación entre los discos, la correa es obligada a describir una circunferencia más grande. Esto se realiza mediante la fuerza de los contrapesos centrífugos.

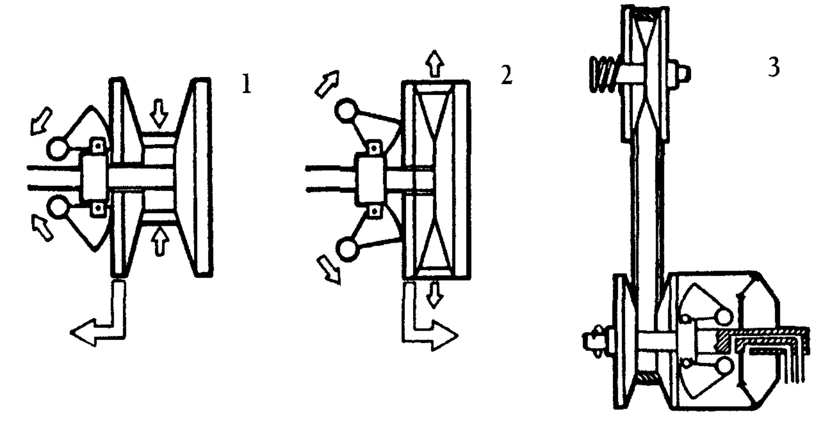


Figura 2.83.

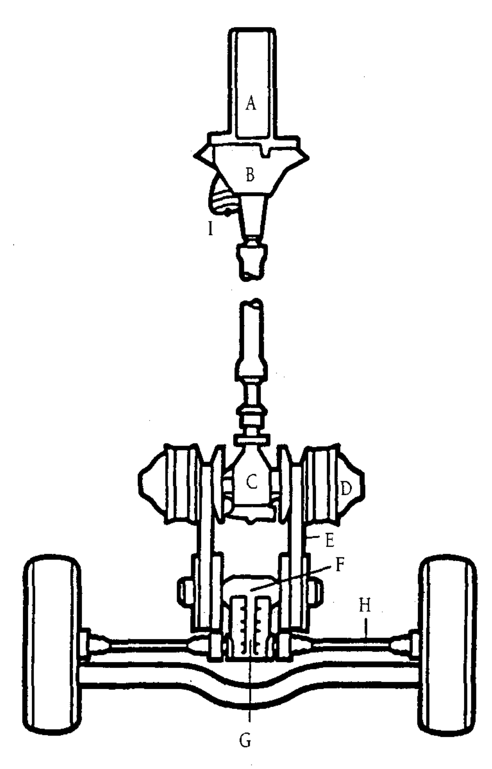
Si las revoluciones del motor aumentan al apretar el acelerador, aumentará también la fuerza centrífuga que obligará al disco de la polea delantera, al que están fijos los contrapesos, a moverse hacia adentro, contra el disco fijo. Esto obligará a la correa a describir una circunferencia mayor en los discos de la correa delantera obligando así a la correa más profundamente entre los discos de la correa secundaria (Fig. 2.83-3).

Para conseguir esto la fuerza centrífuga de las poleas delanteras tiene que vencer la acción del resorte que tiende a mantener juntos los discos de la polea secundaria. De esta manera la relación se modifica suavemente y sin escalones.

No es necesario decir que se puede obtener un número infinito de relaciones de desmultiplicación utilizando la fuerza centrífuga de la primera parte y la acción resorte de la segunda.

Para economizar combustible la fuerza centrífuga es asistida por el vacío del motor, que entra en la cámara exterior del cilindro de la primera parte de la transmisión. Este cilindro está dividido en dos cámaras: una para el vacío y otra a la atmósfera. La influencia de los contrapesos centrífugos puede, pues, ser asistida o contrarrestada.

Dejando entrar el vacío del motor a la cámara exterior se obtiene la posición de supermarcha.



Disposición de los elementos mecánicos
A, motor. B, embrague diseño de transeje (C a G). C, parte primaria de la transmisión. D, tambor dividido en cámaras (parte primaria de la transmisión). E, correa propulsora. F, parte secundaria de la transmisión. G, diferencial. H, eje propulsor. I, dispositivo de desembrague.

Figura 2.84.

Si se deja paso al vacío en la cámara interior, se obtiene el efecto opuesto. Esto ocurre cuando se usa el mando de baja desmultiplicación.

Se obtiene también el mismo efecto apretando el pedal del freno. El interruptor de la luz de freno se adapta entonces a la válvula que admite el vacío a la cámara interior. Esto producirá una relación más baja. Significa también que el motor contribuirá a la acción de frenado, lo que tiene un efecto beneficioso para la longevidad de los frenos.

Si se aprieta rápidamente el acelerador hasta el fondo, no se produce el vacío en el motor, por lo que los contrapesos centrífugos de la primera parte no pueden oponerse ni asistir y la fuerza del resorte que mantiene la polea secundaria podrá vencer la fuerza centrífuga de los contrapesos de la polea primaria. Ahora se produce la situación siguiente: un elevado régimen del motor combinado con una pequeña circunferencia de la correa de la polea frontal y una gran circunferencia de la correa en la polea posterior; o, en otras palabras, una gran velocidad del motor combinada con una baja relación. Esto se traduce en una elevada fuerza de tracción. El efecto total es conocido como efecto "kick-down".

Si después de la aceleración se suelta el acelerador, el vacío volverá a asistir la fuerza centrífuga volviendo a obtenerse una relación más alta.

En la figura 2.84, se expone la disposición de los elementos mecánicos.

8.10. Observaciones

Por las explicaciones dadas se puede observar el parecido en organización y funcionamiento de los convertidores de par. Todos tienen una bomba impulsora o elemento conductor, una turbina o elemento conducido y un estator o reactor. En algunos hay dos turbinas, o tres, y también puede haber más de un reactor. El fundamento es el mismo en todos y el funcionamiento análogo.

La parte de *transmisión* (caja de cambios) es así mismo muy parecida, a base de engranajes planetarios, generalmente dos, pues uno se necesita para la M.A.. Todos tienen uno o dos embragues de discos múltiples, y en algún caso existe un embrague de disco para bloquear al convertidor y tener una directa mecánica cuando el vehículo vaya a buena velocidad.

Los medios de *mando y control* están constituidos por:

- La llave de contacto.
- Los pedales, de los que sólo hay dos, al ser automático el embrague: el de freno, normalmente más ancho que el de los vehículos con caja de cambios convencional, y el del acelerador.
- La palanca de selección (Fig. 2.85) con seis o siete posiciones, según sean para vehículos de turismo o camiones: P, parking; R, M.A.; N, punto muerto; D, automática, en la que las tres o cuatro relaciones pasan automáticamente; 3 (en su caso), 3ª impuesta, sólo pueden utilizarse las tres primeras relaciones; 2, 2ª impuesta, en la que sólo pueden usarse las dos primeras; y 1, 1ª impuesta, en la que sólo puede utilizarse la primera relación.
- La *lámpara* o *testigo luminoso*, que se enciende al accionar la llave de contacto y que si transcurridos unos segundos no se apaga, avisa de anomalía en la transmisión.

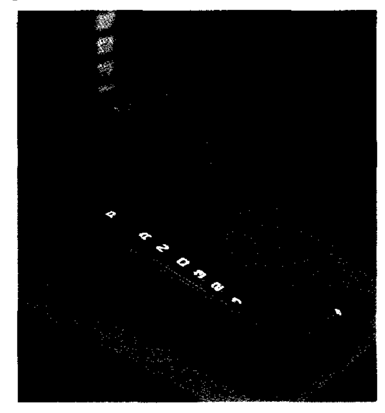


Figura 2.85.

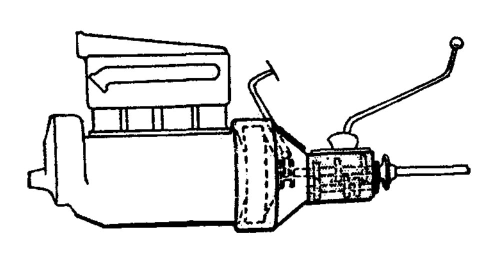
Los *mandos hidráulicos* son todos muy parecidos a la organización explicada con detalle en el Hydramatic. Una o dos bombas dan presión al aceite, graduadas por un regulador y luego controladas o dirigidas, bien a mano con la palanquita o botones que seleccionan las combinaciones posibles, bien automáticamente por un "cerebro o distribuidor hidráulico" que las manda a actuar en los embragues, frenos, enclavamientos y demás órganos de ejecución, con arreglo a las órdenes de pasos de velocidad dadas por los elementos eléctricos o electrónicos y gracias a válvulas o electroválvulas; una válvula manual informa al distribuidor acerca de la posición de la palanca de selección; la limitadora de presión asegura la alimentación del convertidor y del circuito de engrase; la válvula reguladora de presión, en función de la carga del motor, varía el nivel de la presión que alimenta a embragues y frenos.

En muchas modernas cajas de cambio automáticas se simplifican los circuitos hidráulicos, mediante *elementos eléctricos y/o electrónicos*, que deciden y mandan los cambios de velocidad. Los *electropilotos* abren o cierran el canal del aceite de las válvulas de paso; la *caja electrónica*, teniendo en cuenta la velocidad del vehículo, la carga del motor y la posición de la palanca de selección, activa o no a los electropilotos. El *captador de velocidad*, similar al descrito en el encendido electrónico integral, facilita a la caja, eléctricamente, la que lleva el vehículo; el *captador de carga*, activado por la mariposa de los gases en los motores de gasolina y la bomba de inyección en los motores de gasóleo, la del motor; y el *contactor multifunciones*, la informa de la posición de la palanca de selección.

Los parámetros de información a la caja electrónica varían según los tipos o mecanismos adoptados por las distintas marcas (los citados corresponden al mecanismo M, de Renault).

La existencia, en casi todos los casos, de la posición P para la palanca de selección, que enclava la transmisión bloqueando las ruedas propulsoras, permite realmente prescindir del freno de mano.

9. SITUACIÓN RELATIVA DEL EMBRAGUE Y CAJA DE CAMBIOS



La disposición más general es la del motor, embrague y cambio en un solo bloque

Figura 2.86.

Lo más corriente es que el cambio esté inmediato al embrague, formando sus cajas un conjunto único con el cuerpo del motor, disposición llamada en *bloque motor* (Figs 2.86 y 2.16).

Para algunos grandes camiones de gran potencia aun se conserva la antigua disposición de la caja de cambios completamente separada del motor y embrague, unida con independencia al bastidor.

El caso de agrupar el cambio con el diferencial en el puente trasero se describe el tratar de la Propulsión.

10. ENGRASE DE LA CAJA DE CAMBIOS

En las cajas convencionales, el cárter de la misma se encuentra lleno de lubricante hasta el tapón de llenado, engrasándose el eje intermediario por inmersión y los otros ejes y piñones por barboteo. El consumo es mínimo, a menos que haya fugas. Debe comprobarse el nivel periódicamente, efectuando esta verificación situado el vehículo en terreno llano. El cambio de lubricante se efectúa según indicaciones del fabricante.

En las cajas de cambio automáticas, el engrase del convertidor y mecanismos, se efectúa a presión, al existir en ellos casquillos antifricción, y el del puente, por barboteo, siendo el mismo aceite el que efectúa la lubricación de las tres partes. La comprobación del nivel debe de hacerse con el vehículo en posición horizontal, en una superficie llana, con la palanca en la posición P y tras tener el motor en funcionamiento uno o dos minutos, al efecto de que la bomba de aceite asegure el llenado del convertidor. El cambio de aceite debe efectuarse en caliente, en ambos casos, para eliminar las impurezas que pueda tener en suspensión.

11. AVERÍAS EN LA CAJA DE CAMBIOS

11.1. Cajas de cambio convencionales

1ª. Alguna de las velocidades no se mantiene en toma.

Se nota en que la palanca por sí sola se pone en punto muerto, y puede ser debido a alguna de las siguientes causas (Fig. 2.1):

a) El resorte "m" del gatillo de fijación G correspondiente está débil o roto. Cambiarlo, comprobando el estado de las muescas de la corredera U.
b) La horquilla, J o K, de esa velocidad está torcida y por tanto los piñones no engranan en toda la anchura de sus dientes. Reparación de taller.
c) Lo más frecuente es que se salga la 2ª, o la 3ª si el cambio es de cuatro marchas, cuando el motor va sin gases frenando el vehículo.

Además de las causas anteriores, compruébese la holgura del desplazable sobre las estrías del secundario, pues si es grande, el piñón se tuerce lo bastante para que los dientes se inclinen ligeramente y resulten rechazados al transmitir la presión a los del piñón correspondiente del intermediario. Lo mismo sucede si hay un exceso de holgura en los apoyos del secundario. El remedio es reponer piñón y eje. A veces la colocación de un resorte "m" más fuerte remedia temporalmente el defecto. Otras veces se compensa el "ladeo" que las holguras imprimen a los dientes del desplazable, mediante un ligero fresado que les dé inclinación contraria para que hagan cuña y no se salgan, pero este remedio es del tipo "chapuza", aunque hecho con cuidado no se debilitarán mucho los dientes y puede servir hasta reponer las piezas defectuosas (piñones, ejes o apoyos).

2ª. No puede meterse alguna velocidad.
Puede ser debido a que el piñón correspondiente tenga sus dientes machacados o rotos, la horquilla esté deformada, los ejes descentrados, etc. Reparaciones de taller.

3ª. Ruidos en la caja de cambios y no entran las velocidades.
Lo primero es comprobar si el desembrague es completo, libre. Si además el engrase es correcto en cantidad y calidad (pues un aceite demasiado espeso o fluido, en cantidad excesiva, origina dificultades) y los dientes de los piñones no están rotos, la avería es debida a desperfectos en los cojinetes de los árboles primario, intermediario o secundario, o bien que estos árboles están falseados. En ambos casos la reparación es de taller.

4ª. Las cajas de cambio "cantan" cada vez más con el desgaste de los piñones, pero si el ruido aumenta súbitamente habrá de mirarse si el engrase es correcto tanto en su nivel (debe llegar hasta el eje del árbol intermediario o "contraeje" por lo menos) como en calidad (no debe usarse grasa consistente sino valvolina o aceite negro espeso, según esté recomendado para la marca del vehículo). Si no es esta la causa, debe revisarse el mecanismo en un taller.

Cuando se oigan choques repetidos diferenciables del canto normal, probablemente habrá dientes rotos en los piñones; si se oyen sólo al usar una velocidad, estarán en esa combinación de engranajes; si se oyen siempre, estarán en los piñones 1 y 2 de toma constante para el intermediario I. En el primer caso puede marcharse provisionalmente prescindiendo de esa velocidad hasta poder llevar el vehículo al taller, en el segundo ha de llevarse sin pérdida de tiempo. La rotura de un cojinete de bolas tiene efectos parecidos.

5ª. Un ruido metálico, seco, de choque, al meter las velocidades puede ser debido a defecto de los sincronizadores, generalmente rotura de un muelle.

11.2. Cajas de cambio automáticas

Las averías en este tipo de cambios requieren en general diagnóstico y reparación de taller, limitándose el conductor a la verificación del nivel de aceite y control de fugas del mismo. Las averías suelen ser debidas a reglajes incorrectos y fallos en los elementos mecánicos, hidráulicos o eléctricos, los cuales han de investigarse antes de emitir un diagnóstico. Estos, en las cajas modernas se efectúan mediante unas maletas de control, de uso en los talleres especializados.

Notas

1. El sistema que usaba la fuerza del vacío para el movimiento de los desplazables figura descrito en ediciones anteriores de esta obra, hasta la 19ª inclusive. La transmisión M.6 se explicaba con detalle en las ediciones siguientes hasta la 24ª inclusive.

Histórico

Antiguamente el man-do del cambio de velocidades en muchos automóviles se hacía por una palanca situada debajo del volante de la dirección (Fig. 2.87) mediante un sencillo varillaje soportado por la columna de aquél. La palanquita de mando M, según la posición que ocupe R-1-2-3, engancha y gira en las escotaduras H las varillas que, por el costado de la caja, mueven las horquillas K y J de los desplazables 6 y 7 (Fig. 2.1), correspondientes a "M.A.-1ª" y "2ª-directa". La palanca P (Fig. 2.49) casi había desaparecido de los automóviles, despejando el espacio ante el asiento delantero; pero en 1958 comenzó a volver por su robusta sencillez y más fácil manejo frente a las holguras y elasticidad de los varillajes desde R a J-K.

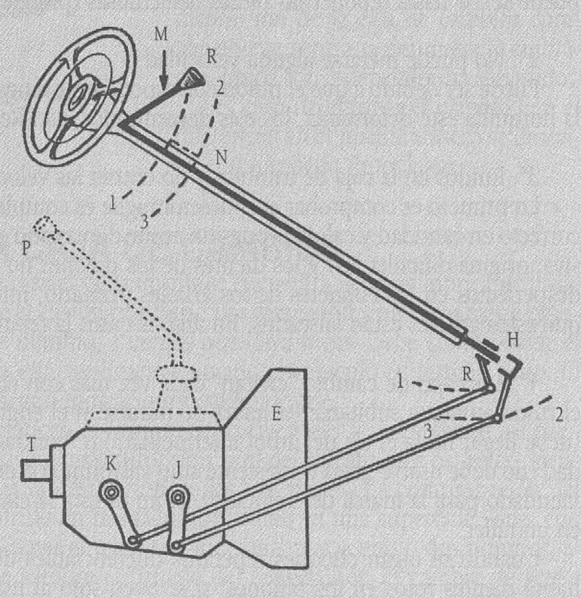


Figura 2.87.

Rueda libre. Cuando se levanta el pie del acelerador, el vehículo tiende a caer en ralentí, pero el impulso del vehículo le obliga a seguir girando deprisa y, por tanto, frena la marcha. La "rueda libre" es un mecanismo que corta el enlace entre el motor y las ruedas cuando el primero no "tira" del vehículo y le permite seguir avanzando libremente, actuando como un desembrague automático; el motor gira en ralentí hasta que nuevamente se pisa el acelerador y, al aumentar su velocidad de rotación, comunica otra vez su esfuerzo de giro a las ruedas propulsoras. El efecto es el mismo que ocurre en las bicicletas cuando se deja de pedalear: el aparato sigue corriendo por su impulso a pesar de no mover los pedales el ciclista.

La rueda libre fue explicada en la figura 10.56: cuando el motor gira deprisa los rodillos ruedan arrastrados por la rampa y se acuñan contra la corona, que se ve obligada a girar con el árbol motor. Si se levanta el pie del acelerador, el motor cae al ralentí, retrasándose el movimiento del miembro inferior con relación a la corona giratoria con las ruedas: el vehículo avanza libremente por su impulso, independiente ya del motor.

La rueda libre tiene además un mando accionado por el conductor, generalmente un botón en el tablero con un cable, que permite enclavarla y prescindir de su funcionamiento (Fig. 2.88). Para ello, el desplazable P se desplaza a la derecha y, al engranar sus dientes con los interiores de la corona, hace a esta solidaria mecánicamente del árbol motor.

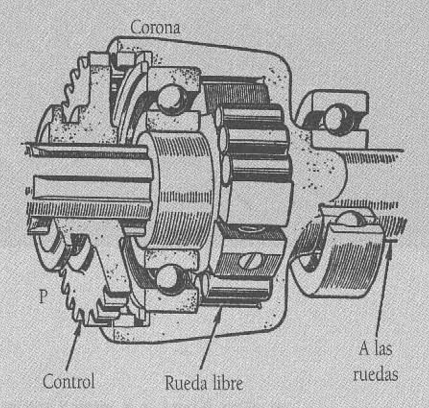


Figura 2.88.

La colocación suele ser a la salida de la caja de cambios; pero también se ha dispuesto sobre el desplazable de directa, ya que en las combinaciones bajas no es de utilidad su empleo. De cualquier modo, en marcha atrás queda automáticamente enclavada por el propio mecanismo de la palanca de cambio.

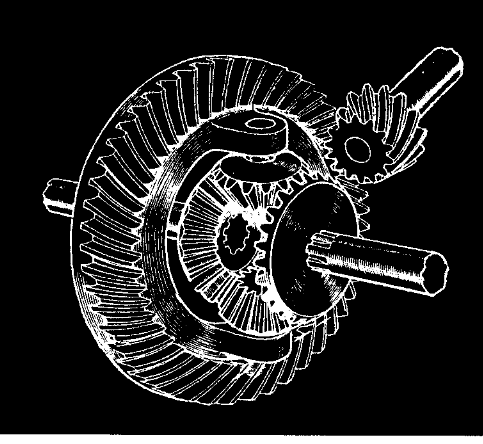
Las *ventajas*, son: un menor consumo de gasolina, ya que en llano y cuesta abajo se aprovecha el impulso del vehículo para avanzar deprisa con el motor en ralentí, sin que la marcha se vea frenada por el arrastre del motor; menor desgaste consiguiente de las piezas del motor, y una conducción más agradable por la facilidad que la rueda libre ofrece para los cambios de velocidades (equivale a un desembrague mientras el vehículo no disminuye mucho de velocidad) y porque al levantar el pie del acelerador los ocupantes no sufren el pequeño frenazo que implica la resistencia del motor. Las juntas universales, árboles y engranajes de toda la transmisión dejan de sufrir también el cambio de sentido en el esfuerzo de rotación.

Pero los *inconvenientes* son de importancia: lo mismo que se dijo al hablar del desembrague automático, cuando se levante el pie del acelerador suele ser para contener la marcha del vehículo, y si hay rueda libre, el motor no ayuda, porque los frenos tienen un trabajo mayor y en peores condiciones, pues con el motor desembragado la frenada habrá de estar muy equilibrada en todas las ruedas para que no se produzcan patinazos. La realidad ha probado que el desgaste de los forros de freno y el número de accidentes aumentaban con el uso de la rueda libre, por lo que su empleo, muy en boga por los años treinta, ha disminuido de tal modo que ha dejado de montarse en los modelos de serie.

En vehículos de mediana y escasa potencia conducidos a velocidades moderadas por conductores prudentes, en terreno llano o ligeramente ondulado, es decir para velocidades de paseo por caminos buenos y secos, la rueda libre puede ser de agradable aplicación; pero en general no es recomendable su uso.

Capítulo 3

El Puente



1. GENERALIDADES

El cometido del *puente* es transmitir el movimiento de la caja de cambios a las ruedas motrices, participando en la desmultiplicación total.

Está concebido de manera que depende de la disposición de los órganos en el vehículo, según que éste sea de motor delantero y propulsión trasera, o bien de grupo motopropulsor delantero o trasero.

La disposición del motor, transversal o longitudinal, cigüeñal paralelo o transversal al eje de rotación de las ruedas, dan lugar a engranajes paralelos o en ángulo, a pares cónicos o cilíndricos.

2. MOTOR DELANTERO Y PROPULSIÓN TRASERA

Esta disposición, utilizada casi exclusivamente durante muchos años, lo es aun en algunos vehículos de turismo, furgonetas y vehículos pesados.

El giro del motor, que puede interrumpirse a voluntad en el embrague, pasa por la caja de cambios y a través del *árbol de transmisión* llega al *puente trasero*, desde el que tiene que comunicarse a las ruedas colocadas en un eje transversal; este cambio en ángulo recto se consigue por un *grupo o par cónico* constituido por el engranaje del *piñón de ataque* y la *corona*. Al estar la caja de cambios fija al bastidor-carrocería y las ruedas montadas en un sistema de suspensión elástico, el árbol de transmisión ha de absorber desplazamientos longitudinales y angulares, lo cual se efectúa a través de unas *juntas elásticas*. Por fin y a través del *diferencial* y elementos del puente el movimiento es transmitido a las ruedas (Fig. 3.1).

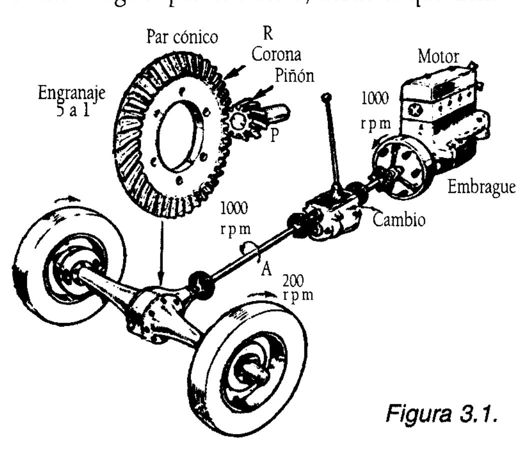


Figura 3.1.

2.1. Árbol de transmisión. Juntas

El árbol de transmisión, como se ha indicado, es el encargado de transmitir el movimiento desde la caja de cambios al grupo cónico diferencial. Está construido en acero especial altamente resistente a la torsión; su constitución, macizo o hueco, y su sección vienen determinados por su longitud, par a transmitir y velocidad de rotación.

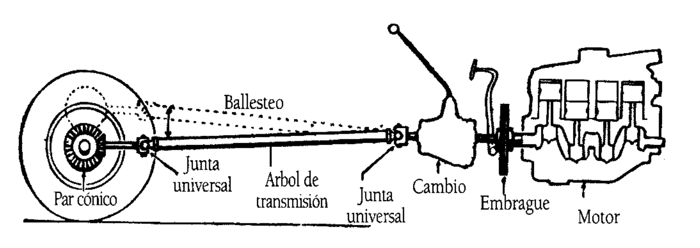


Figura 3.2.

Como el puente trasero va enlazado al bastidor o carrocería por medio del sistema de suspensión, sus oscilaciones (Fig. 3.2) hacen que el árbol de transmisión no esté siempre en exacta prolongación con el secundario de la caja de cambios, sino que formará ángulos variables aunque siempre próximos a los 180°, por lo que necesitará juntas universales que le permitan transmitir el giro sin dificultad, y además precisará compensar las diferencias de distancia o longitud que tales oscilaciones producen entre el engranaje trasero y la caja de velocidades. Por ello se colocan *juntas universales*, que son de dos tipos: flexibles o cardan.

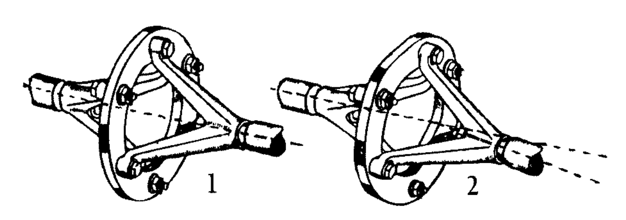


Figura 3.3.

La junta flexible (Fig. 3.3-1) está formada por un disco de varias capas de tela cauchutada, a la que se unen por una y otra cara los ejes que enlazan. Estos terminan en horquillas cuyos brazos se fijan al tresbolillo sobre el disco flexible, el cual no sólo permite que los ejes formen ángulo (detalle 2), sino que absorbe los desplazamientos longitudinales del árbol de transmisión. Esta junta universal no necesita engrase.

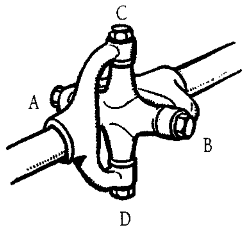


Figura 3.4.

La junta cardan (Fig. 3.4) está formada por una cruceta, a uno de cuyos brazos AB se articula la horquilla en que termina un eje, y al otro brazo CD la horquilla del otro eje. Las uniones A, B, C y D son cojinetes que permiten oscilar a las horquillas y necesitan de lubricación, por lo que esta clase de juntas suele ir cerrada en una caja con aceite.

En la figura 3.5 se ve en 1 la forma real de la junta flexible de telas cauchutadas, ya poco usadas: en 2, un tipo moderno con tacos de caucho en los brazos de la cruceta montados sobre un disco rígido o flexible, modelo adecuado para ligeras desviaciones de alineación y en 3, la cardan metálica C con el enchufe deslizante D en el árbol de la transmisión. El detalle de la popular junta cardan (Fig. 3.6) muestra los cojinetes de agujas M en los brazos de la cruceta, el clip de sujeción T en cada uno de los brazos; el engrasador L si no lleva depósito sellado con aceite para el engrase permanente; las estrías S en el extremo del árbol de propulsión P que forman la junta deslizante al poderse mover en las ranu-

ras del manguito exterior (que forma parte de la caja de la cardan), su engrasador N, y el retén de lubricante R que puede apretarse a rosca.

La colocación (Fig. 3.7-A) del motor M y cambio C, alineados con el árbol de transmisión Q, haría que éste quedase alto y, contando además con su ballesteo, se necesitaría un "túnel" levantado a lo largo del centro del piso del vehículo. Como éstos, por buena estabilidad, se quieren muy bajos, para que este túnel no resulte un tabique se divide el árbol Q en dos trozos unidos por tres juntas cardan 1, 2 y 3; así desciende apreciablemente. En la figura 3.8 se detalla esta solución para el mismo caso real (Fiat): a la salida del cambio va una junta 1 de tacos de goma análoga a la 3.5-2; el primer trozo del árbol de propulsión es una barra de torsión 2 cuya elasticidad absorbe las vibraciones provenientes del motor, y va rodeada de un tubo protector 3; el apoyo intermedio 5, fijo al bastidor, es un collar elástico de caucho con cojinete de rodillos 4 para el extremo del árbol 2; a la salida de 5 va la cardan 6 para el árbol descubierto 7 que termina en otra cardan 8 a la entrada del puente trasero.

En el Pontiac-Tempest se emplea una solución original (Fig. 3.7-B): se lleva el cambio C a unirse en bloque con el puente trasero T y se enlaza el motor M (extremo del cigüeñal) con ese bloque T mediante un árbol delgado (un redondo macizo de acero de unos 16 mm. de diámetro) que, por dentro de un tubo curvado J, se flexa en forma de arco colgante (5 cm. de flecha). Dos apoyos intermedios, con rodamientos de bolas sellados, mantienen la curvatura de la flexible barra de transmisión (que, a la vez, desde el punto de vista torsional presenta una flexibilidad de 30°). El cambio C se lleva a T con objeto de que el árbol, aunque gire deprisa, sin reducirse la rotación del motor en el cambio, sólo transmite el "par" del motor, antes de que fuese multiplicado por los engranajes reductores del cambio; así puede ser más ligero y flexible.

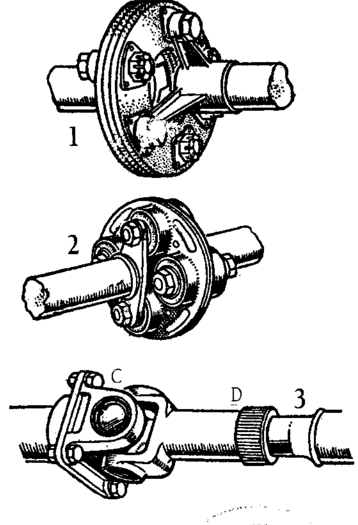


Figura 3.5.

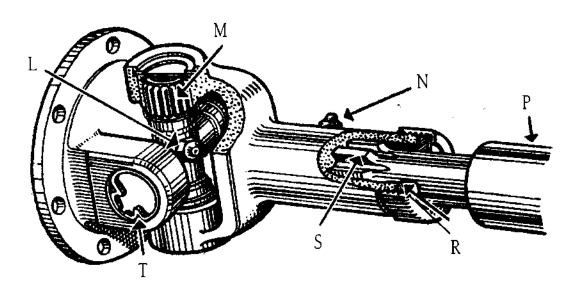


Figura 3.6.

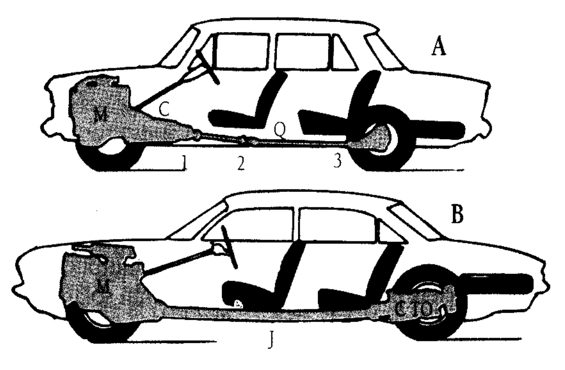


Figura 3.7.

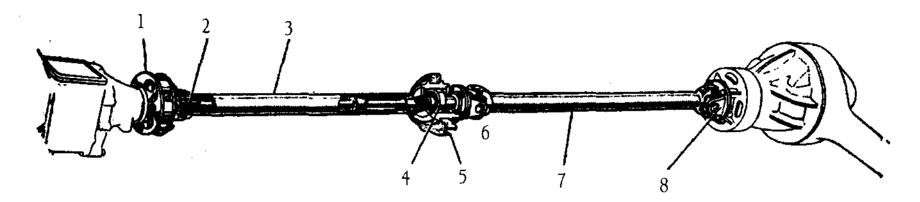


Figura 3.8.

La junta doble cardan (Fig. 3.9), está constituida por dos horquillas situadas en el mismo plano y unidas por un eje tan corto como sea preciso; con ella se pueden obtener desplazamientos angulares más amplios.

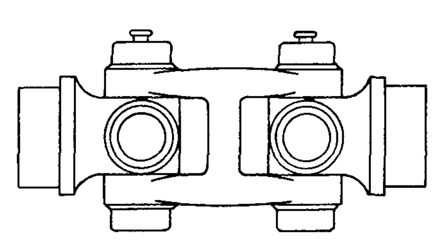


Figura 3.9.

La junta homocinética, como su nombre indica, tiene por finalidad enlazar ejes de giro de forma que la velocidad de ellos entre sí, sea la misma en todo momento. Su funcionamiento y aplicaciones son análogos a la de la doble cardan y tiene sobre ésta la ventaja de ocupar menos espacio. Es de diseño y fabricación complicados, en algunos modelos, y requiere el empleo de aceros de altas cualidades mecánicas.

2.2. Grupo piñón-corona

El engranaje del *piñón de ataque* P (en el extremo del árbol de transmisión) y de la *corona* R montada sobre el eje de las ruedas y que comunica a éstas el movimiento del motor, siempre es desmultiplicado por ser el piñón de ataque más pequeño que la corona, con arreglo a las condiciones calculadas para el automóvil. La relación de desmultiplicación de la pareja piñón-corona es la misma que la de los números de sus dientes y, generalmente, vale de 1/4 a 1/5; por ejemplo, el piñón de ataque con 11 dientes y la corona 47 (relación 11-47) con desmultiplicación 11:47 = 0,21. En la figura 3.1 se supone el cambio en directa y una desmultiplicación 1/5, por lo que mientras el motor da 1000 vueltas por minuto las ruedas darán solamente 200.

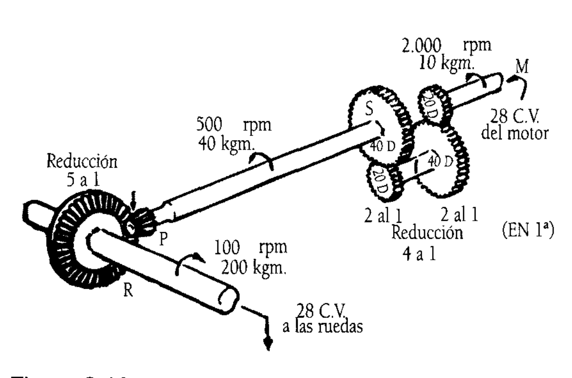


Figura 3.10.

La reducción del número de vueltas en el engranaje piñón-corona (P-R, figura 3.10) tiene por objeto armonizar la rotación del motor, que es bastante elevada, con la necesaria en las ruedas del vehículo, según el tamaño conveniente para ellas y la velocidad resultan-

te y posible para el vehículo. Ya se explicó en la figura 2.25 que la reducción del giro supone aumento del par o esfuerzo rotatorio; en la figura 3.10 puede seguirse aquel razonamiento aplicado al engranaje de ángulo en el puente trasero, que si reduce cinco veces el giro, aumenta otras tantas el par. Así resulta que, suponiendo que no hay pérdidas en toda la transmisión (que las hay como en todos los mecanismos), los 28 CV que suministra el motor en un esfuerzo de giro (par) de 10 kgm. a 2000 rpm llegan a las ruedas (a través de la 1ª velocidad en el cambio) en forma de 200 kgm., pero sólo a 100 rpm[1].

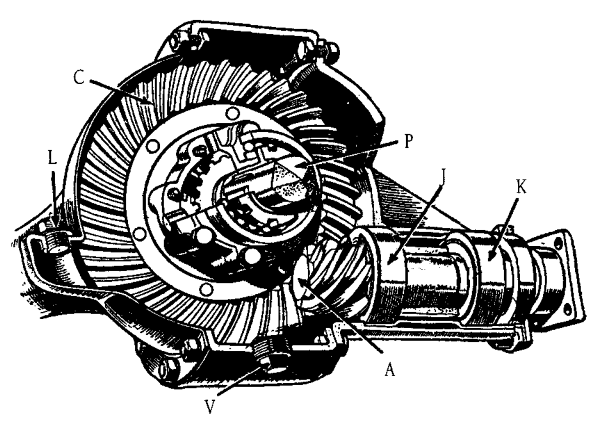


Figura 3.11.

2.2.1. Tipos de engranajes

El engranaje de ángulo para comunicar el giro al eje trasero está compuesto por el par piñón de ataque y corona de la figura 3.1, en la que los dientes están tallados en *espiral* (pareja helicoidal), lo mismo que en la figura 3.15, es un sistema corriente; pero puede ser un par cónico con *dientes rectos* (Fig. 3.10), disposición la más económica, pero poco empleada por los inconvenientes que se indicaron al hablar del cambio de velocidades (ruido y difícil ajuste) y que aquí se acentúan por estar en ángulo. En todos ellos el eje del piñón de ataque está a la altura del centro de la corona; pero resulta conveniente, con las carrocerías actuales de piso muy bajo, que el árbol de transmisión pueda atacar más bajo al eje trasero, y por ello se usa en muchos vehículos el engranaje *hipoide* (Fig. 3.11): se ve como el piñón de ataque A se apoya en los dos cojinetes de bolas o rodillos J y K, insertos en el cárter del mecanismo, que le dan fijeza con relación a la corona C. De ésta salen, a uno y otro lado de las ruedas, semiejes o palieres P. El tapón L es para el llenado de lubricante, que se vacía en las renovaciones por el tapón inferior V. Puede bajarse aun más el árbol de transmisión con el empleo del engranaje por *tornillo sin fin* (Fig. 3.12), no tan usado porque en él los metales frotan y están expuestos a mayor desgaste que en los otros, en los que los dientes del piñón de ataque ruedan apretados sin frotar sobre los de la corona, y además no permite tan fácilmente las pequeñas desmultiplicaciones como el par de ángulo.

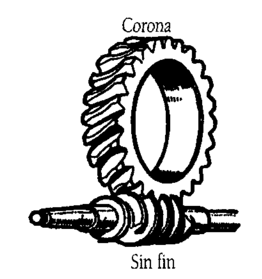


Figura 3.12.

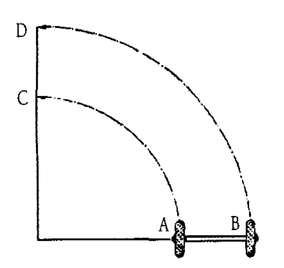


Figura 3.13.

2.3. Diferencial

Si la corona, a la que hace girar el piñón de ataque, está unida a un eje en cuyos extremos se encuentran las ruedas, el mismo número de vueltas dará la rueda de la derecha que la de la izquierda. Pero en una curva (Fig. 3.13) la rueda del interior recorre el trayecto AC, mientras que la de

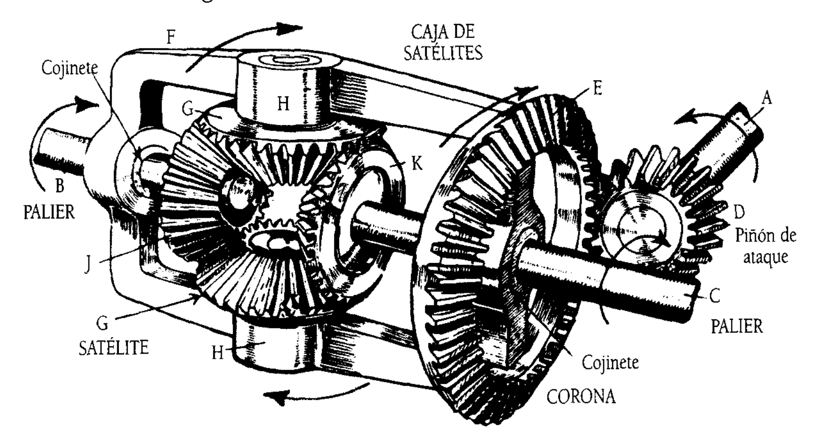


Figura 3.14.

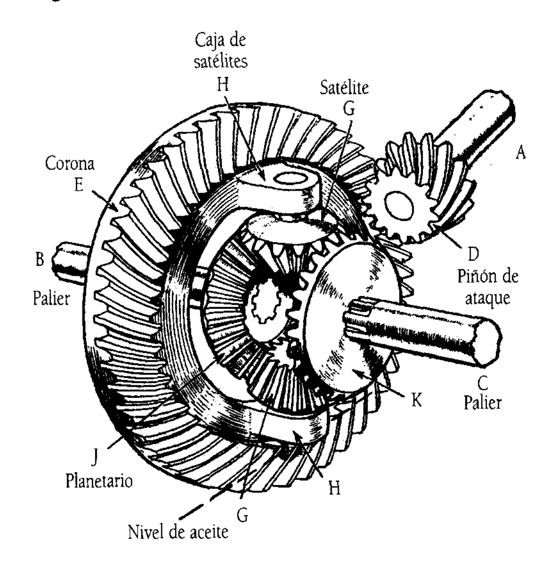


Figura 3.15.

fuera va de B a D, que es una distancia mayor. Estos caminos desiguales son efectuados al mismo tiempo y, puesto que se suponen las dos ruedas montadas rígidamente sobre el mismo eje, darán igual número de vueltas, por lo que, siendo de igual tamaño, forzosamente una será arrastrada por la otra, patinando sobre el piso. Para evitarlo se recurre al *diferencial*, mecanismo que hace dar mayor número de vueltas a la rueda que en la curva le corresponde recorrer la parte exterior, y disminuye las de la parte interior, ajustándolas automáticamente a los recorridos que hagan.

Está constituido (Fig. 3.14) del siguiente modo: un piñón planetario K es solidario de un árbol C, y otro planetario J del árbol B; cada una de las ruedas motrices va montada en el otro extremo de dichos árboles, llamados *semiejes* o *palieres*. Entre los piñones K y J van situados los satélites G, que pueden girar libremente alrededor de sus ejes H.

Al girar la corona E mueve consigo el marco o caja de satélites F, unido rígidamente a ella, con lo que los satélites G son arrastrados y, como engranan a modo de cuña con los

planetarios K y J, éstos y los palieres respectivos girarán en el sentido de la corona (véanse las flechas), y ambos a igual velocidad mientras el vehículo marche en línea recta. Si se supone ahora que se inmoviliza una rueda, por ejemplo, la del palier C, en el giro de la corona los satélites G ya no arrastran al planetario K, que está inmóvil, sino que ruedan sobre él poniéndose a girar sobre su propio eje H, y entonces al planetario J llega el giro de la corona acumulado con el que los satélites efectúan alrededor de sí mismos, por lo que el semieje correspondiente B dará doble número de vueltas que las que dé la corona. Aunque la rueda montada al extremo de C no esté inmovilizada, como se supuso, basta que ofrezca alguna resistencia a girar para que entre en funciones el diferencial; de modo que en una curva lo que deja de girar la rueda de dentro lo gira de más la del lado de fuera; así es que las ruedas pueden rodar sin resbalamiento sus trayectorias desiguales.

En la práctica, los ejes H de los satélites están, o sobre un diámetro de la corona, dentro de ésta, o muy próximos a ella (Fig. 3.15), con lo que se suprime o disminuye mucho el marco F dibujado en la figura anterior. En lugar de dos satélites, los diferenciales pueden llevar cuatro montados en los dos extremos de una cruceta; el efecto es el mismo, pues el mayor número de satélites sólo tiene por objeto repartir mejor entre ellos el esfuerzo a transmitir.

2.3.1. Diferencial controlado

El inconveniente del diferencial, menos sensible en los turismos que en los camiones o tractores, pero que se presenta enojosamente en algunas ocasiones, es que cuando una rueda propulsora pierde adherencia y patina, se embala, y la otra no gira a falta de fuerza; en cambio, enclavando en ese momento el diferencial, ambas ruedas girarán forzosamente a la misma velocidad y aunque alguna no agarre, la otra puede sacar al vehículo del "mal paso" en que se encuentre (arena, barro, hielo, etc.). Tal dispositivo sólo se emplea en estas ocasiones. Un modo de enclavar el diferencial (Fig. 3.14) es poniendo un desplazable sobre ranuras del semieje C que pueda enganchar con la corona E anulando el cojinete; obligado así este palier a girar con la corona, también lo hace su planeta K, y si éste no puede retraerse o adelantarse a la corona, el otro planeta J y su palier B tampoco podrán hacerlo, pues todo el funcionamiento del diferencial se basa en que todo lo que un planetario se retrasa, respecto a la corona, lo adelanta automáticamente el otro; por tanto, el diferencial queda enclavado, como si no existiera más que el engranaje cónico.

La figura 3.16 detalla el dispositivo; el conductor manda, por medio de una palanca, el dedo D que desliza al desplazable Z sobre las estrías B de este palier. Cuando es echado a la izquierda engranan los tetones T que enclavan el palier (con su planeta J) a la caja de los satélites G. Este dispositivo sólo debe utilizarse en línea recta y por breve tiempo; el utilizarlo en curvas y por largos períodos puede provocar roturas en el mismo.

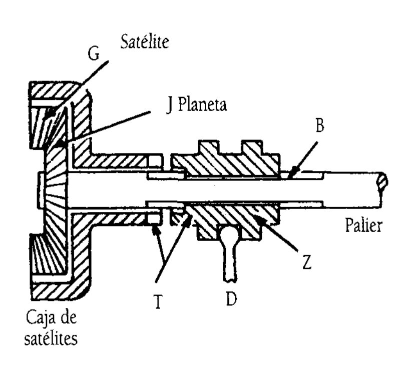


Figura 3.16.

2.3.2. Diferencial autoblocante

Son diferenciales que, permitiendo ligeras diferencias de giro entre unas y otras ruedas, las necesarias para rodar en las curvas con toda la dirección virada, automáticamente impiden o dificultan el excesivo giro de una rueda respecto a la otra.

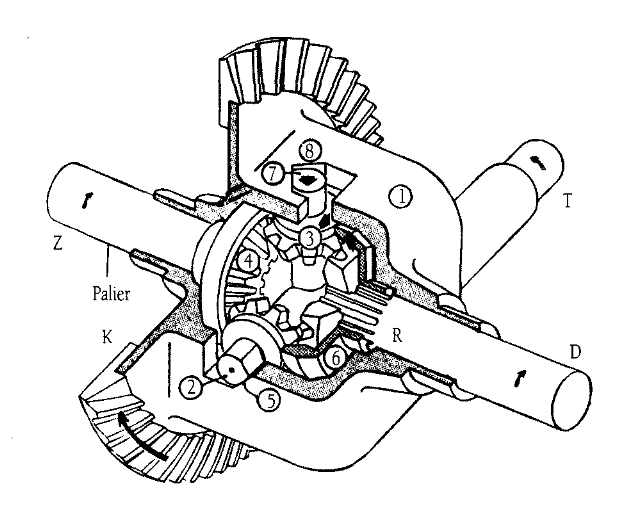


Figura 3.17.

El sistema Thornton Porw-Lock (Fig. 3.17). Está basado en la holgura con que los ejes 2 de cada pareja de satélites entra en los alojamientos 5 de la campana 1 que forma parte de la corona K. Cuando ésta gira por el movimiento que le llega del árbol de transmisión T y su piñón de ataque, la campana 1 lleva consigo los ejes 2 y 7, que al cruzarse por el centro están separados entre sí, y cuyos extremos tallados en forma de V los hace resbalar sobre las respectivas rampas 5 y 8 de sus alojamientos. Uno u otro se desplazan lateralmente: el 2 hacia la izquierda y el 7 hacia la derecha, dada la forma invertida de su V respecto a la de 2. El movimiento es muy pequeño, pero lo suficiente para que 3, por ejemplo, empuje su planeta (deslizable sobre el palier derecho D) contra el embrague de cono 6 (también desplazable sobre las ranuras R del palier), apretándolo a la caja 1 solidaria de K. Lo mismo hace 2 con sus satélites sobre 4 y su embrague de cono respecto al palier izquierdo Z. Resulta así que el esfuerzo de giro pasa en gran parte por los embragues de cono, como 6, a los planetas, descargando a los satélites de este trabajo.

Si se presenta una curva, por ejemplo, a la izquierda, como la rueda de la derecha tiene que rodar más, hace que D gire más deprisa que K y 1, o sea, que 7 tiende a adelantarse a 1, baja por la rampa y se afloja el apriete de 6, permitiendo que este embrague resbale con rozamiento para funcionar el mecanismo diferencial.

En caso de patinar una rueda por perder adherencia, por ejemplo, la Z, su eje de satélites 2 ofrecerá menos resistencia a ser arrastrado por la campana 1 y tenderá a encajarse en el vértice de su V, por lo que resbalará un poco el embrague de 4, iniciándose el giro loco de Z; pero como la consecuencia es el giro de los satélites 3, estos ayudarán a pasar el esfuerzo motor al planeta y embrague 6. Si la rueda D se mantiene bien agarrada al suelo, no sólo sigue recibiendo el giro motor por su apretado eje de satélites 2, sino el par motor que pierde 4 se le añade por los satélites 3 a 6, con lo que este embrague se apretará aun más, haciendo que D reciba más par motor del normal. Claro está que si se aumentase mucho, podría ser excesivo para la adherencia de D, y por ello se calcula y prepara el mecanismo de forma que los embragues de 4 y 6 no puedan resbalar del todo, sino que su frotamiento mínimo absorba siempre una sexta parte del par motor: así la otra rueda no recibirá excesivo esfuerzo de giro. Obsérvese que por transmitirse éste precisamente a través de 1 y los embragues, y no por los satélites, es por lo que aun patinando una rueda la otra no deja de recibir esfuerzo motor con independencia; por el contrario, al iniciarse el patinaje y girar los satélites es cuando estos aprietan más su embrague para que transmita al palier opuesto un suplemento de esfuerzo.

Los embragues de cono 6 y el del palier Z son de discos múltiples en otros modelos; el funcionamiento es el mismo.

Otros sistemas, como los de Borg-Warner y Eaton Track-Aide, funcionan con parecidos principios y dan análogos resultados.

El sistema ZF (Fig. 3.18). No es en realidad, un diferencial como los explicados. La corona K hace girar directamente un palier, y por la campana N pasa el movimiento al otro. El interior de la campana N tiene ondulaciones; entre ellas y las correspondientes del anillo M, unido al otro palier por estrías y ranuras, sirven de enlace las piezas P, sostenidas por el aro portapiezas S (sígase esta explicación también en el detalle L de abajo, que es un corte entre M y N). En recta, el giro motor pasa a un palier directamente, y al otro a través de N y M, entre las que actúan de cuñas las piezas P. En una curva, las pequeñas diferencias de rotación entre ambas ruedas son permitidas por la holgura de las piezas P entre M y N, así como por los perfiles de aquellas y de las ondulaciones de éstas, pudiendo resbalar rozando entre sí. Pero si una rueda patina y tiende a "dispararse" a costa de la otra, aumenta la diferencia de velocidad entre las ondulaciones de M y las de N y las piezas P se acuñan entre aquellas haciendo solidarias ambas ruedas.

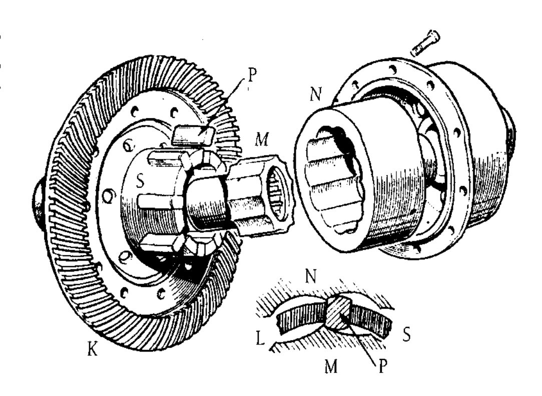


Figura 3.18.

2.4. Organización del puente trasero

En el dibujo 3.19 se detallan los elementos componentes. El árbol de la transmisión Z se une al eje L del piñón de ataque PA, que suele ir apoyado en el cárter del diferencial por dos rodamientos de bolas o rodillos M. La corona T lleva la caja de satélites CS, en cuyo

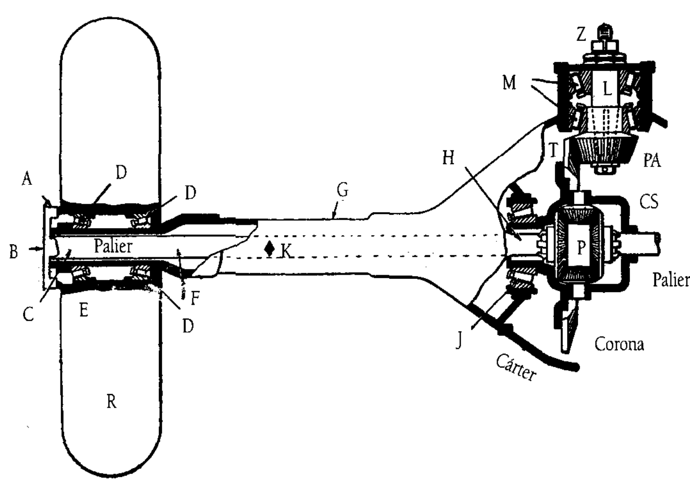


Figura 3.19.

interior engranan éstos con los planetas P, de los que salen a uno u otro lado los palieres, o semiárboles de transmisión. Corona y caja CS son mantenidas por apoyo de rodillos J sujetos al cárter. Cada palier F lleva un extremo H enchufado por estrías a las ranuras de su planeta, y va rodeado por una prolongación lateral G del cárter que recibe el nombre de *trompeta* y que llega hasta la rueda. Sobre una zona K de la trompeta se apoya la suspensión y, por tanto, incide la carga del vehículo. En los camiones es lo más frecuente que la trompeta reciba, por dobles rodamientos D, el cubo E de la rueda R, saliendo el extremo C del palier al exterior formando la placa D con tetones A que se enganchan al cubo de la rueda para transmitirle el giro que llega desde el planeta del diferencial. El cárter de éste lleva un lubricante (aceite negro espeso o valvolina, según la marca del vehículo) hasta un nivel que suele quedar impuesto por el mismo tapón de llenado L (Fig. 3.11) y que casi siempre recubre la parte interior de la corona (Fig. 3.15).

En todos los casos, para que no se salga el lubricante que rellena el puente trasero, suelen colocarse (a la altura de la letra F) unos fieltros o retenes entre el palier y la trompeta, que hacen de empaquetadura, impidiendo el paso del aceite hacia la rueda, donde podría engrasar el tambor del freno inutilizando a éste. Los rodamientos D se lubrican desde el exterior moderadamente, para evitar lo mismo. Los J y M reciben la salpicadura del aceite que rellena el puente trasero, si bien es frecuente y conveniente que los M lleven o se les ponga un engrasador directo desde el exterior.

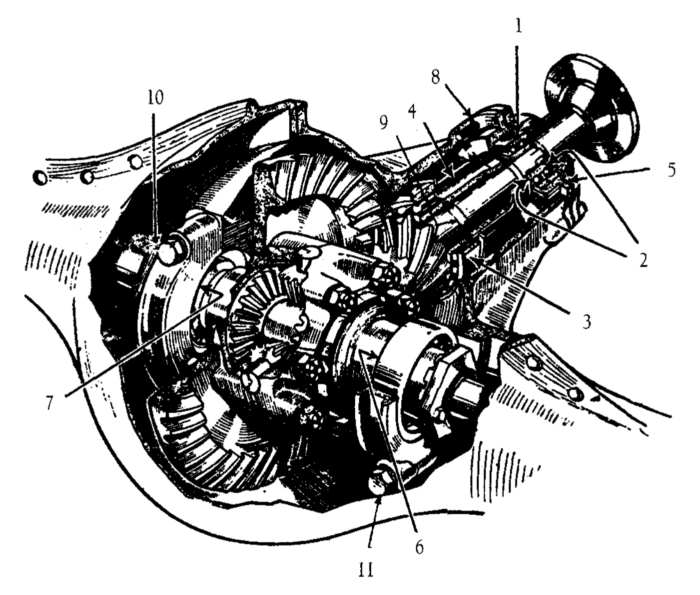


Figura 3.20.

En la figura 3.20 se ve cortado el cárter del diferencial para observar la colocación real del mecanismo de la figura 3.15. El piñón de ataque aparece apoyado entre dos rodamientos dobles de bola 1, que a la vez es tope de empuje en ambos sentidos 2, y 3, separados por el tubo 4. En 5 va una junta que hace hermético el cierre para que no se salga el lubricante. Los rodamientos H de la figura 3.19 son aquí los 6 y 7.

La organización del puente trasero difiere de unos modelos de vehículos a otros, principalmente en el modo de transmitirse su peso hasta las ruedas y en como éstas van montadas sobre el eje.

Se distinguen cuatro tipos principales: flotantes, tres cuartos flotantes, semiflotantes y rígidos.

El tipo *todo flotante* está representado en la figura 3.21-1, dos cojinetes A a uno y otro lado del centro de la rueda van montados sobre el extremo de la trompeta correspondiente, por lo que la rueda gira alrededor de ésta, que soporta todo el peso del vehículo. El palier gira libremente en el interior de la trompeta y se termina en el extremo que se une al planetario E en unas estrías por las que se desliza en aquél, girando juntos, y en el otro por un anillo dentado en su contorno que se engarza con la parte interna del cubo de la rueda. Así, el semieje puede quitarse sin desmontar la rueda, y ésta puede girar perfectamente sin aquél, ya que se apoya en la trompeta. El peso P del vehículo se transmite por ésta a la rueda y al piso. Es el sistema más empleado en camiones, como se explicó en la figura 3.19.

En el puente *tres cuartos flotante* (Fig. 3.21-2) el cubo de la rueda se apoya a la vez sobre la trompeta, por un solo rodamiento, y sobre el extremo del semieje. Este se une al cubo generalmente por una chaveta y una tuerca. El palier no soporta el peso P del vehículo, que se transmite por el rodamiento de bolas o rodillos al piso; pero para sacarlos ha de quitarse en casi todos los casos el cubo de la rueda, y además si se quita o rompe el semieje, la rueda no queda asegurada en su giro, pues sólo tiene un rodamiento sobre la trompeta y se podría torcer al faltarle el apoyo sobre el extremo del semieje. Este sistema fue bastante usado en los turismos.

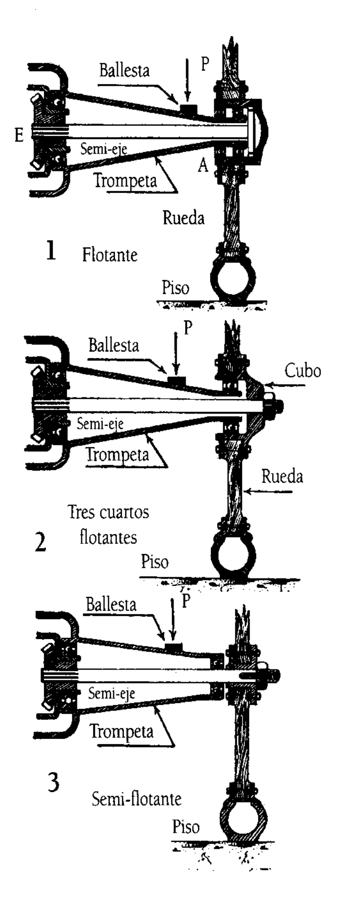


Figura 3.21.

El puente *semiflotante* es aquél en que en lugar de apoyarse el cubo total o parcialmente sobre la trompeta, como en los casos anteriores, lo hace (Fig. 3.21-3) sobre el extremo del propio semieje, que es solidario del cubo de la rueda por cono, chaveta y tuerca. El palier soporta en esta disposición, además de esfuerzo de giro o torsión, también el peso del vehículo, por no llegar la trompeta al cubo; para desmontarlo es necesario extraer la rueda. Es el sistema más usado actualmente.

El tipo *rígido* apenas es empleado. En él se une la rueda al semieje del mismo modo que en el semiflotante; pero en cambio la unión al planetario se hace rígida, no deslizante, como en los anteriores, sujetando el palier con una tuerca y apoyándose sobre él el diferencial en vez de hacerlo sobre la trompeta, que en este caso sólo sirve de envoltura.

2.5. Puente de doble reducción

Como muchos camiones pesados se mueven a velocidades inferiores que los vehículos ligeros, la reducción de giro desde el motor hacia las ruedas tiene que ser bastante mayor, y a veces no conviene hacerla solamente en el engranaje de ángulo, pues el piñón de ataque habría de ser demasiado pequeño, cuyos pocos dientes pasarían un esfuerzo excesivo para su escaso contacto con los de la corona. En estos casos se usan puentes traseros de doble reducción, permanente o eventual.

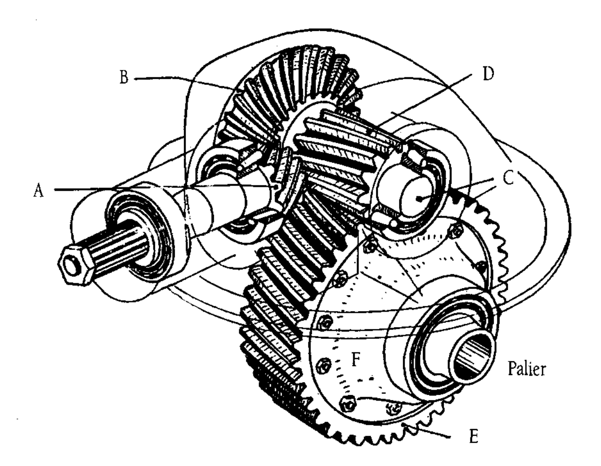


Figura 3.22.

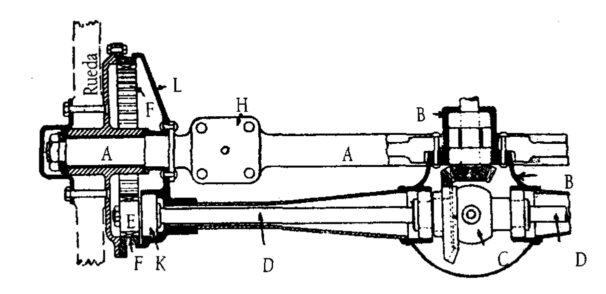


Figura 3.23.

En los primeros se añade un engranaje reductor que puede ser como el de la figura 3.22: después de la desmultiplicación de la pareja piñón A-corona B, el eje C de ésta mueve la caja diferencial F a través del engranaje D-E. Otro sistema (Fig. 3.23) lleva el eje portador A (sobre cuyos extremos giran locas las ruedas, y en el que descansa el peso del camión en H) para apoyo del cárter B-B del diferencial C. Cada palier D termina en un piñón E que engrana por dentro de la corona F unida a la rueda, cubriéndose el engranaje por el cárter L que lleva el rodamiento K para apoyo del palier D. El engranaje E-F hace la segunda reducción.

El caso de reducción eventual es en realidad un cambio adicional de dos combinaciones en el puente trasero: un sistema, por ejemplo, es el de Eaton, usado por Ford y otros, en el que la corona del engranaje de ángulo se une al armazón D (Fig. 2.14) de un planetario; C se enlaza a la caja del diferencial que voltea los palieres. Si P y S se enclavan, C resulta simplemente arrastrada y gira a la misma velocidad que S, directa; pero si P se fija al cárter del puente trasero, el giro de D pasa reducido a C, o sea al diferencial, segunda reducción. El paso de una a otra combinación se hace, según lo pida la carga del vehículo, por mando mecánico al alcance del conductor, casi siempre auxiliado por un servo de vacío.

En bastantes casos, en vez de este cambio de dos velocidades suplementario en el puente trasero, se inserta un reductor a continuación de la caja del cambio.

2.6. Puente trasero "De Dion"

En los primeros tiempos del automóvil se usó, por la entonces famosa marca francesa De Dion-Bouton, un puente trasero con el eje separado de la transmisión del movimiento a las ruedas (Fig. 3.24). Posteriormente reapareció el sistema aplicado a vehículos de tan alta calidad como Horch, Mercedes, Pegaso, Aston-Martin, Lancia y Lagonda, e incluso en algunos camiones como en ciertos tipos de Dodge y M.A.N.

El eje trasero J lleva en sus extremos las ruedas R, y por medio de las ballestas B se une al bastidor del vehículo, de modo que no se trata de una suspensión independiente de las ruedas traseras, sino del tipo clásico con el eje rígido J. El diferencial va sujeto a travesaños

T del bastidor: a él viene el giro del motor por el árbol de la transmisión Z, y de él sale hacia las ruedas por palieres descubiertos P que, por tener que seguir el ballesteo de las ruedas, llevan dos juntas cardan 1 y 2 en las uniones a la rueda y a los planetas del diferencial. La ventaja de esta disposición es que el peso no suspendido, ruedas y eje, se ha aligerado del correspondiente al diferencial, mejorándose la estabilidad del vehículo al disminuir el peso de las partes que "botan" en los baches.

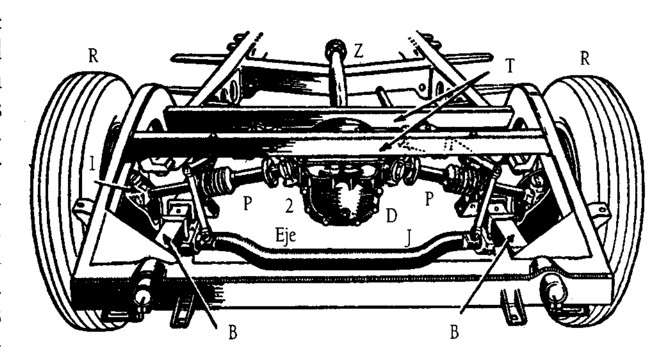


Figura 3.24.

3. GRUPO MOTOPROPULSOR DELANTERO O TRASERO

Como se expuso al hablar de la caja de cambios con grupo cónico y diferencial (Fig. 2.16), la transmisión del movimiento es directamente desde aquella al diferencial, no teniendo árbol de transmisión. El puente "integrado" en el cárter de la caja de cambios permite agrupar los órganos mecánicos del motor, disminuyendo peso y ganando espacio; por el contrario, esta disposición, lleva consigo un mal reparto de pesos y el que, caso de una avería importante en el grupo, requiere en la mayoría de los casos su extracción.

La transmisión del movimiento del diferencial a las ruedas se realiza por medio de dos semiárboles o palieres, generalmente macizos y de distinta longitud.

En el caso de vehículos con el grupo motopropulsor trasero, "todo atrás", el enlace de la caja de cambios y ruedas, a través de los semiárboles, se hace por medio de juntas elásticas que permiten absorber el movimiento oscilante de las ruedas respecto al bastidor.

Cuando el grupo motopropulsor es delantero, "todo adelante", los palieres llevan una junta cardan a la salida del diferencial para permitir las oscilaciones verticales que el ballesteo produce, y necesitan otra en su acoplamiento al cubo de la rueda (Fig. 3.25-1) por la misma razón, ya que la rueda sube o baja verticalmente con las desigualdades del camino. Ahora bien: las ruedas son así mismo directrices, de modo que (detalle 2, visto desde arriba) llegan a formar grandes ángulos con el palier. Las cardan corrientes transmiten el giro con suficiente regularidad cuando el ángulo que forman los ejes enlazados los separa poco de estar en prolongación; pero si ese ángulo es marcado, como aquí sucede, el árbol "conducido" no gira con la regularidad del "conductor", sino a una velocidad que varía continuamente dentro de cada vuelta; la consecuencia sería un giro de la rueda a sacudidas vibratorias. Para vencer esta dificultad hay que emplear dos juntas cardan debidamente acopladas con objeto de que el giro alterado en dicha forma sea rectificado en sentido contrario por la segunda; estas juntas, que transmiten la rotación uniforme de un árbol a otro sin alterar su regularidad aunque formen ángulos muy marcados, como ya se dijo, se llaman homocinéticas. El dibujo 3 representa la junta homocinética tipo Tracta, robusta y sencilla; otro modelo ingenioso es el Béndix-Weiss (detalle 4), en el que unas bolas de acero ocupan automáticamente posiciones sobre las rampas que hacen "homocinética" la articulación, y de análoga constitución es otra, americana: la Rzeppa.

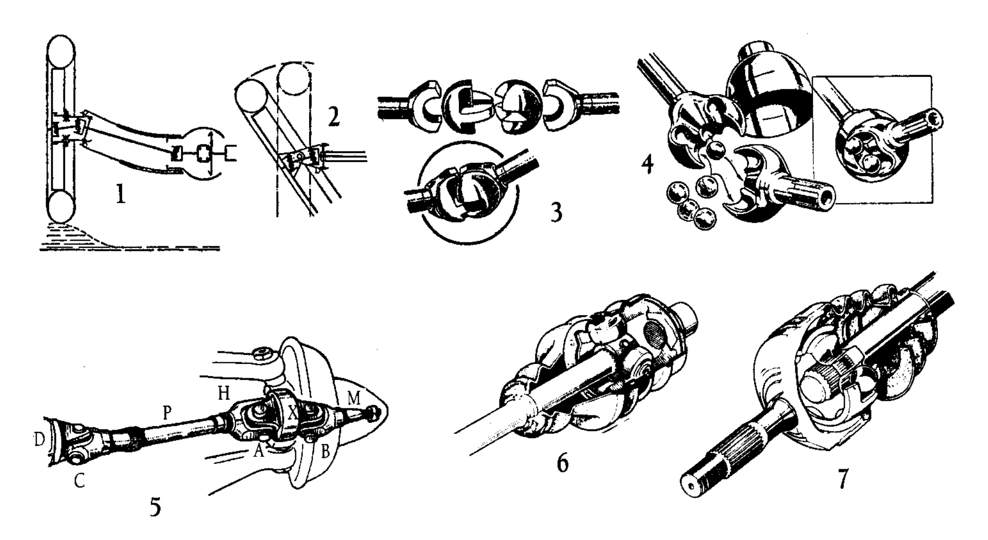


Figura 3.25.

Otra sencilla y muy empleada por su solidez por Citröen es la Glaentzer-Spicer (dibujo 5), compuesta por dos juntas cardan A y B colocadas inmediatas de modo que forman una homocinética prácticamente suficiente. En la figura se detalla como a la salida del diferencial D hay una cardan C, luego el palier P que termina en la homocinética H de la que recibe el giro la mangueta M de la rueda.

El centro X de la junta homocinética se sitúa precisamente en el eje de giro del pivote de la rueda, alrededor del cual ésta se orienta para marcar la dirección de marcha.

En los dibujos 6 y 7 se muestran las juntas homocinéticas: Trípode, deslizante de tres rodillos y la Lobro, de seis bolas, utilizadas por Renault.

4. AVERÍAS

1. Lo más frecuente es la aparición de ruidos. Si suena la transmisión con zumbido como un "canto" sostenido, cuando el motor tira del vehículo, las causas pueden ser: desgaste de la pareja piñón-corona, o bien que los dientes del piñón entran demasiado en los de la corona. Si aparece cuando se levanta el pie del acelerador, cuando el impulso del vehículo tira del motor, la causa puede ser la contraria: el piñón no engrana lo bastante con la corona, aparte de que también el desgaste puede producir el mismo síntoma.

Si zumba en todas las ocasiones, o es desgaste en piñones o cojinetes, o falta lubricante. Si el ruido sólo se produce en las curvas, es a causa de desgaste en el diferencial, satélites y planetas.

Cuando en vez de zumbidos se oye golpeteo, las causas pueden ser: astillado de los dientes; cuerpo extraño en el lubricante, una tuerca o pasador sueltos; desgaste en las estrías de los palieres o del árbol de transmisión, o sujeción floja en el cubo de la rueda.

Los zumbidos pueden corregirse en un taller, al que se llevará el vehículo sin pérdida de tiempo en el caso de golpeteos.

En caso de desmontar el diferencial para examinar ajustes y desgastes, debe comprobarse y corregirse la alineación entre piñón y corona (Fig. 3.26) para suprimir zumbidos y

evitar roturas en el futuro. Para ello se mira donde hacen el apriete los dientes del piñón sobre los de la corona C, en los que se llama *pie* el extremo más cercano al eje, y *talón* T al más alejado. Para que quede señalada la superficie de contacto del apriete después de escurrido el aceite se untan los dientes de piñón con albayalde o minio, y teniendo algo frenada la corona se la obliga a girar forzada por medio de una llave sujeta al eje del piñón. Si las señales del apriete son como en R, la alineación es perfecta; sólo queda por comprobar la holgura entre dientes, que debe ser entre 2 y 3 décimas.

Si las huellas aparecen como en los dibujos 1, 2, 3 o 4, se debe corregir la alineación como señalan las correspondientes flechas a la derecha: en 1, acercar el piñón a la corona; en 2, alejarlo; en 3, separar la corona del piñón, y en 4, acercarla. A veces las huellas no son tan marcadas como en las viñetas se presentan, porque se combinan dos de los defectos citados, por lo que debe descomponerse la huella en partes, para también por etapas, corregir la alineación.

Para poder realizar cada uno de los cuatro movimientos que marcan las flechas (en realidad sólo son dos porque 1-2 es un movimiento, y 3-4 es otro), los diferenciales llevan dispositivos adecuados. Por ejemplo (Fig. 3.20): para acercar o separar el piñón de la corona (movimientos 1-2 en la figura 3.26) suelen usarse unas hojillas metálicas en 8: poniéndolas más o menos gruesas, o quitando algunas, se acerca o separa el piñón a la corona. Otras veces estos calzos van en uniones como 9 o inmediatamente detrás del piñón.

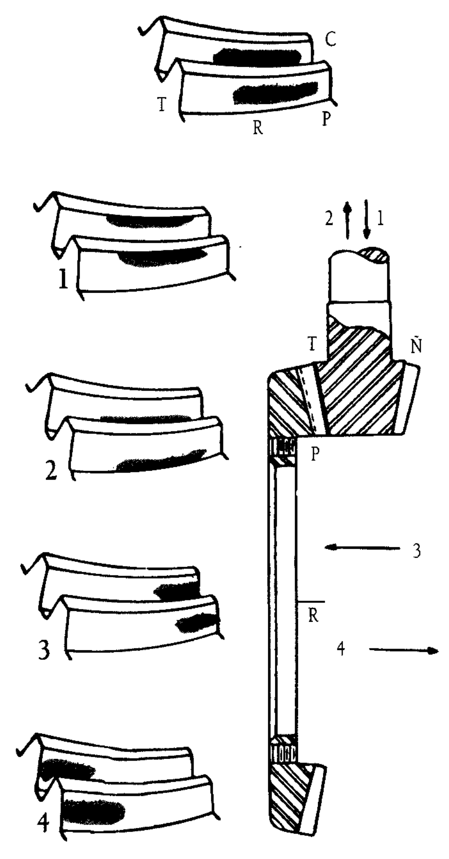


Figura 3.26.

El desplazamiento 3-4 (Fig. 3.26) de la corona se obtiene (Fig. 3.20) análogamente con hojillas de calzo en 6 y 7, o bien por tornillos 10 y 11, que aflojan los rodamientos y permiten mover la corona y caja.

Cada vez que se hace uno de los movimientos señalados (Fig. 3.26) hay que retocar el perpendicular correspondiente para conservar entre los dientes el huelgo citado de 2 a 3 décimas. Por ejemplo: en el caso 4, al acercar la corona R al piñón Ñ se reduce o anula el huelgo, y hay que mover Ñ en el sentido 2 para conservarlo. Por esto las operaciones son delicadas, de gran precisión, y sólo deben realizarse en talleres especializados.

2. Conviene vigilar las pérdidas de lubricante, tanto en las juntas como por las trompetas, pues de éstas últimas pueden pasar a los frenos, anulando su acción.

3. La rotura de un palier se nota en que el motor gira, pero a pesar de embragar sobre una velocidad cualquiera el vehículo no avanza, oyéndose o no ruidos en el puente trasero. Aunque las ruedas puedan girar permitiendo el remolque, debe llevarse el vehículo por

una grúa o hacer reparar la avería en el sitio del incidente, pues según como esté construido el puente así podrán ser las consecuencias del remolque. Si el puente trasero es todo flotante, no habrá cuidado alguno; pero si es tres cuartos o semiflotante, como ocurre a la mayoría, puede suceder en el remolque una avería más grave, por lo que se ha explicado más atrás respecto al modo de transmitirse el peso a las ruedas.

Este contratiempo no es frecuente; puede producirse por un embrague brusco, casi siempre al arrancar, o un frenazo violento. Si ocurre en marcha, salvo en el caso de todo flotante, la rueda sale despedida y el vehículo cae rozando el tambor del freno contra el pavimento: con serenidad puede contenerse el vehículo.

El diseño y construcción de los componentes de los palieres es tal, que la única reparación posible es la renovación de los fuelles de goma y de las juntas interiores. El desgaste o daños de las juntas homocinéticas, sólo pueden corregirse montando un conjunto de palier completo nuevo.

4. Otra avería es la producida por la rotura de algún cojinete de bolas o dientes del piñón de ataque, corona, satélites o planetarios. También es reparación de taller y, por lo común, no permite el remolque del vehículo sin desmontaje previo del diferencial. Las causas más frecuentes son: falta de engrase (cuidar el nivel, que debe ser por lo menos hasta cubrir el borde interior de los dientes de la parte inferior de la corona; un exceso en el engrase tiene el inconveniente de que el lubricante se desplaza a engrasar los frenos de las ruedas y es despedido por los tambores), y emplear el lubricante apropiado, o que al llenar de valvolina lleva ésta algún cuerpo extraño duro que al interponerse en los engranajes rompe los dientes.

Notas

1 Suponiendo neumáticos de tamaño 6.00-16 (diámetro 6 + 16 + 6 = 28 pulgadas = 71cm), la rueda avanza por el suelo unos 2,20 metros en cada vuelta, o sea que el vehículo circula en 1ª a poco más de 13 Km.p.h. (2,20 x 100 x 60 = 13.200 metros). En directa, a las mismas 2.000 rpm del motor, irá cuatro veces más deprisa, a 52 Km.p.h., y si el motor girase a 4.000 rpm la velocidad sería de 104 Km.p.h.



Bastidor y Suspensión

1. BASTIDOR

El *bastidor* es el armazón metálico sobre el que se montan y relacionan todos los elementos del automóvil: la carrocería, el motor y la transmisión por un lado y la suspensión con las ruedas por el otro. Normalmente está constituido (Fig. 4.1) por dos largueros unidos entre sí por varios travesaños, piezas todas ellas de acero estampado con sección en U, tubular o rectangular; de diversas formas rectas, curvas o en X.

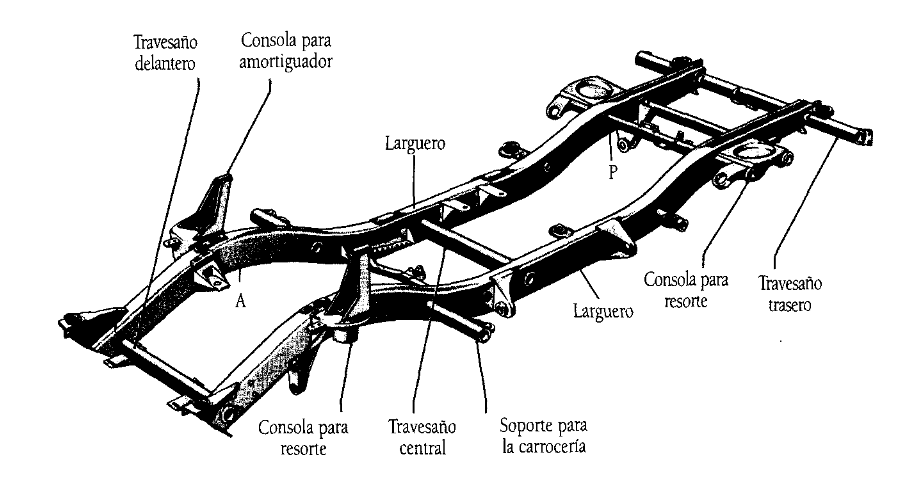


Figura 4.1.

Los largueros suelen estar encorvados en la parte anterior A y posterior P, para permitir las oscilaciones verticales de los puentes delantero y trasero, estrechándose por la parte anterior para facilitar el movimiento de las ruedas directrices.

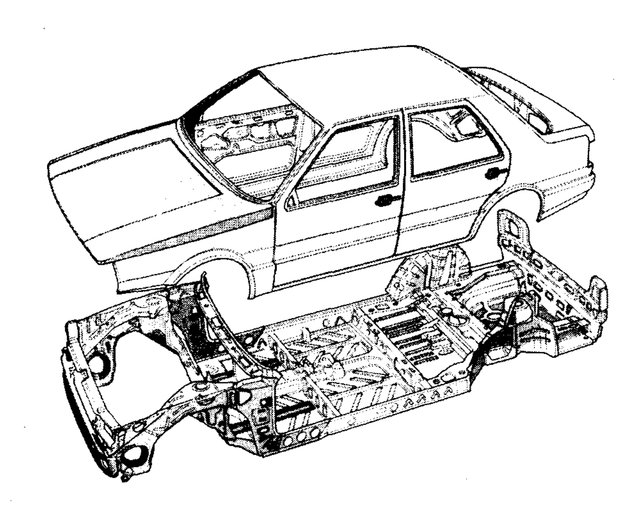


Figura 4.2.

Durante la marcha del vehículo el bastidor está sometido a violentos esfuerzos que, a pesar de la suspensión, tienden a deformarlo en todos los sentidos; por ello conviene darle la máxima rigidez posible (cosa que además de salvaguardar la vida del vehículo, asegura una conducción estable y firme sobre la carretera), de aquí los robustos travesaños rectos o en X haciendo del bastidor una sólida viga armada horizontalmente. En bastantes vehículos se aprovecha el armazón metálico de la carrocería (Fig. 4.2) para formar una verdadera viga armada a lo ancho y a lo alto, tipo "monocasco" o "autoportante", que aumenta notablemente la rigidez.

Sobre el bastidor se montan los elementos de la carrocería; éstas se construían antes con armazón de madera, siendo en la actualidad metálicas, con grandes resistencias y rigidez que no excluyen la ligereza. Se fijan al bastidor por soldadura eléctrica o con tuercas de sujeción, a veces con interposición de tacos de caucho.

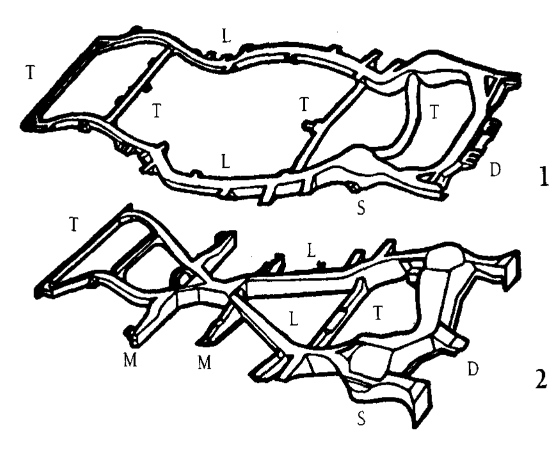
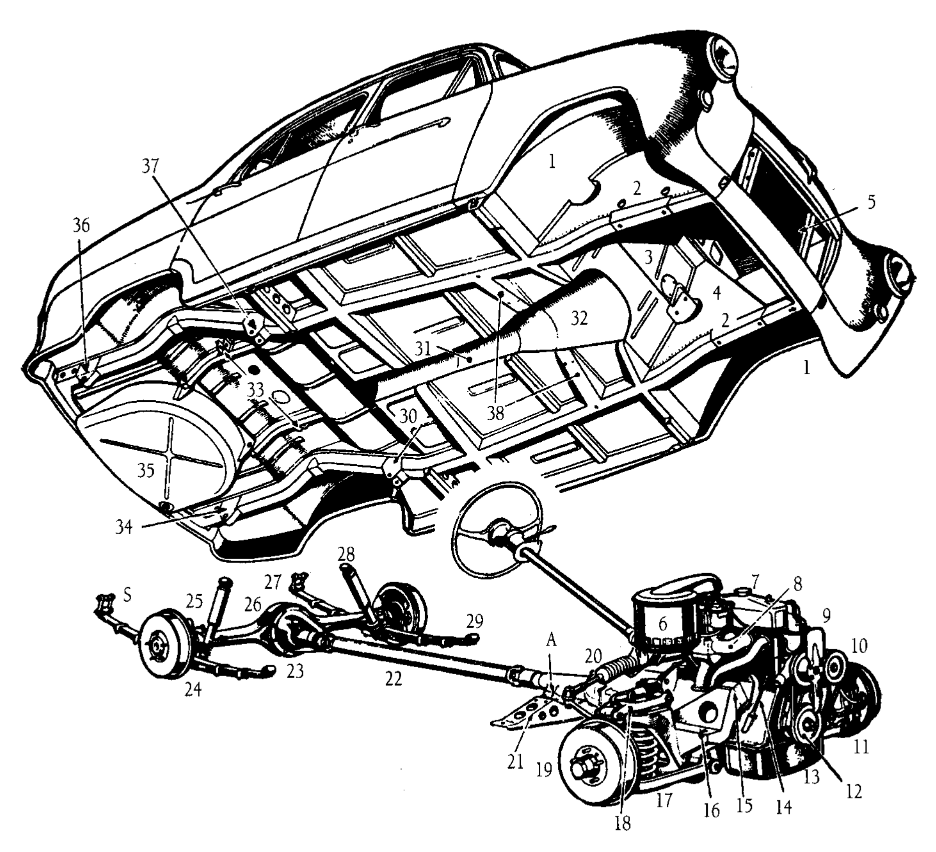


Figura 4.3.

El bastidor recibe por su parte inferior los elementos de la suspensión. Con objeto de poder bajar el piso del vehículo todo lo posible, los largueros y travesaños adoptan formas curvadas para adaptarse a las conveniencias de colocación de los mecanismos y carrocería; así se obtienen los bastidores de la figura 4.3, en los que D es la parte delantera, y que corresponden a los Ford y Mercury el 1, sin miembros en X, confiando la rigidez transversal a la carrocería, y el 2 al Cadillac, con largueros formando X; los travesaños M quedan en voladizo. En ambos tipos de bastidor se aprecian en S los sólidos apoyos para la suspensión delantera por resortes verticales en hélice.

La figura 4.4 representa un automóvil con carrocería autoportante del que se ha separado el chasis, parte mecánica del vehículo. La leyenda detalla los componentes y su organización; sirve de repaso y visión de conjunto. El dibujo corresponde a las soluciones y dispositivos más usuales y ya clásicos en un vehículo moderno.



1. Huecos para que puedan virar las ruedas delanteras que se sujetan a los tambores de freno 11 y 19.
2. Apoyos en los largueros de la plataforma inferior de la carrocería, donde se sujeta el travesaño delantero 16. Este lleva en 17 la suspensión, y en 15 los apoyos elásticos para sujetar el motor.
3. Tabique (salpicadero) que separa, del interior de la carrocería, el hueco 4 bajo el capó donde se aloja el motor.
5. Radiador.
6. Filtro de aire para el carburador que está encima del colector de admisión 8.
7. Tapa de la cámara de balancines.
9. Ventilador, movido por la misma correa que gira a la dinamo y que recibe el movimiento de la polea 12 de cigüeñal.
13. Cárter.
14. Varilla para comprobar el nivel de aceite.
15. Apoyos del motor sobre el travesaño delantero 16.
17. Brazo inferior y 18 superior, entre los que se comprime el resorte de supensión para la rueda delantera que se fija al tambor de freno 19. Dentro del resorte va un amoriguador hidráulico.
20. Mando de la dirección.
21. Travesaño para la sujección trasera del bloque motor a la carrocería en 38; el apoyo es A.
22. Arbol de transmisión, hasta el diferencial 23.
24. Ballesta trasera derecha; su extremo delantero se articula en 37 y el trasero en 36.
25. Amotiguador cuya parte alta se articula a uno de los apoyos 33 en la carrocería.
26. Puente trasero.
27. Extremo posterior de ballesta; se articula en 34 .
28. Amortiguador que se articula en el otro apoyo 33.
29. Extremo delantero de ballesta que se articula en 30.
31. Túnel para la transmisión 22; su parte delantera 32 se ensancha para que quepa el cambio (que está debajo de la cifra 20).
33. Apoyos en el bastidor-carrocería para los amortiguadores entre ellos está el hueco para el puente trasero.
35. Depósito de combustible.

Figura 4.4.

2. SUJECIÓN DEL GRUPO MOTOR

El grupo motor se fija sobre el bastidor por medio de patillas de anclaje, interponiéndose gruesos tacos de caucho artificial, para evitar que las vibraciones del motor se transmitan al bastidor y, por la carrocería, a los pasajeros. La sujeción puede hacerse por tres puntos (Fig. 4.4); en A el trasero (sobre la pieza 21, que se unen en 38 al bastidor) y en 15 el delantero derecho, sobre el travesaño 16.

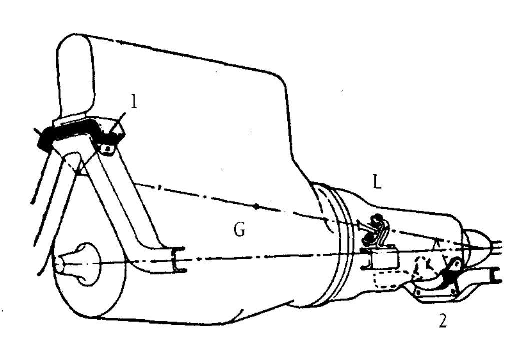


Figura 4.5.

Puede hacerse con sólo dos apoyos (Fig. 4.5, sistema Chrysler). Aunque los tacos de caucho son grandes, para repartir el peso, dar estabilidad y ser suficientemente elásticos para amortiguar las vibraciones del motor, el bloque tiene cierta libertad de movimiento oscilatorio, por lo que conviene el apoyo 1 alto para que el eje de oscilación pase por el centro de gravedad. Con esto se reducen al mínimo los esfuerzos torsionales; sin embargo, para reducir esas oscilaciones puede colocarse a un costado un limitador elástico L. En un principio fue un ballestín metálico, y el sistema aun conserva el nombre de "motor flotante" con que lo inició Citröen.

La sujeción con cuatro apoyos es menos usada en turismos que en vehículo pesados, siempre con enlace elástico que a su vez no hace sufrir al bloque las deformaciones del bastidor.

Las distintas combinaciones del grupo motopropulsor, trasero o delantero, con tracción trasera o delantera, motor longitudinal o transversal, grupo diferencial integrado o no con la caja de cambios y aún ésta inmediata o no al motor, dan lugar a variados bastidores y anclajes a ellos, para las distintas marcas y modelos de vehículos.

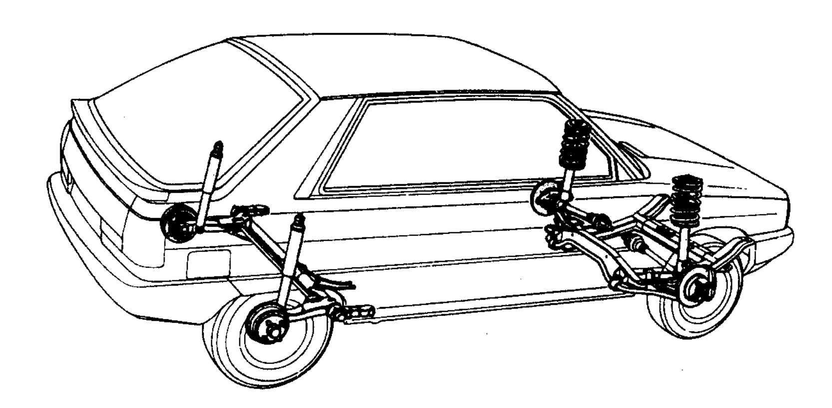
3. SUSPENSIÓN

La *suspensión* de un vehículo tiene como cometido "absorber" las desigualdades del terreno sobre el que se desplaza, a la vez que mantiene las ruedas en contacto con el pavimento, proporcionando a los pasajeros un adecuado nivel de confort y seguridad de marcha, y protegiendo la carga y las piezas del automóvil.

El peso del vehículo se descompone en dos partes denominadas: *masa suspendida*, la integrada por todos los elementos cuyo peso es soportado por el bastidor o chasis, y *masa no suspendida*, constituida por el resto de los componentes. El enlace entre ambas masas lo materializa la suspensión.

El sistema está compuesto por un elemento flexible (muelle de ballesta o helicoidal, barra de torsión, estabilizador, labilizador, muelle de goma, gas o aire), y un elemento de amortiguación (amortiguador), cuya misión es neutralizar las oscilaciones de la masa suspendida originadas por el elemento flexible al adaptarse a las irregularidades del terreno. En la figura 4.6 puede observarse la disposición del conjunto de la suspensión delantera y trasera de un Renault 11.

Son elementos auxiliares o complementarios del sistema de suspensión, los neumáticos y los asientos.



Disposición del conjunto de la suspensión delantera y trasera

Figura 4.6.

3.1. Muelles

3.1.1. Ballestas

En la figura 4.4 se detalla como la ballesta trasera 24 se sujeta aproximadamente por el centro al eje 26, y por los extremos a articulaciones en 36 y 37. La otra ballesta articula 27 en 34, y 29 en 30. Los respectivos amortiguadores 25 y 28 se sujetan por abajo al apoyo de la ballesta, y por arriba en el bastidor a los enganches 33.

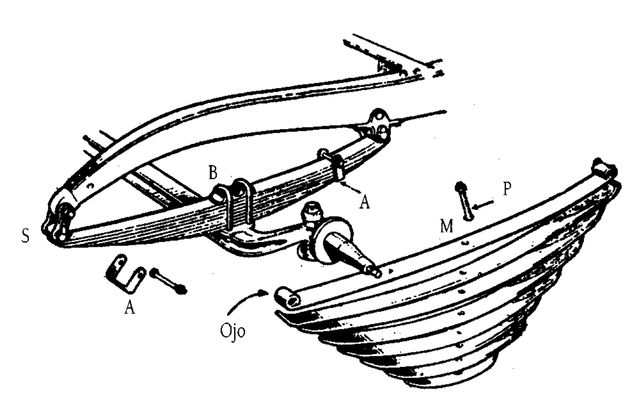


Figura 4.7.

Las *ballestas* (Fig. 4.7) constan de una serie de láminas de acero resistente y elástico. La primera y más larga M es la hoja *maestra*, que termina en dos encurvaduras formando ojo, por el cual y con interposición de casquillos de bronce se articula al larguero. La segunda hoja a veces es de la misma longitud que la maestra; las demás van siendo más pequeñas y curvadas. Las hojas se aprietan unas con otras por medio del *perno capuchino* P, y se mantienen alineadas, sin que puedan abrirse en abanico, por *abrazaderas* A. La ballesta se fija sobre el eje por medio de las *bridas* B, que por intermedio de una pieza en forma de cuña las aprieta contra el pequeño ensanchamiento o *patín* que lleva aquél, y se sujetan con tuercas.

Como al flexarse la ballesta varía su longitud, uno de sus extremos, por lo menos, se articula al bastidor mediante la *gemela, ocho o biela de suspensión* S (Figs. 4.7 y 4.4), que por su oscilación permite el alargamiento de la ballesta y que adopta, generalmente, una de las

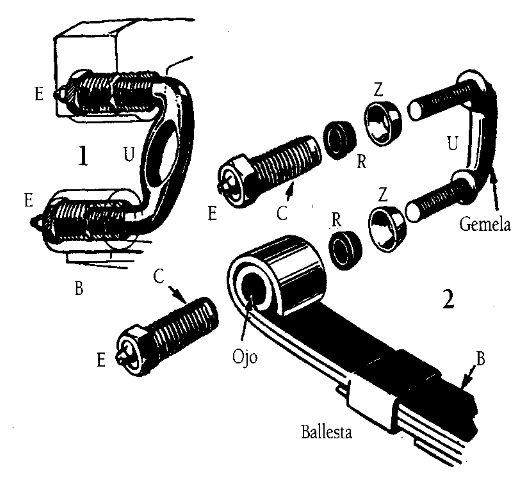
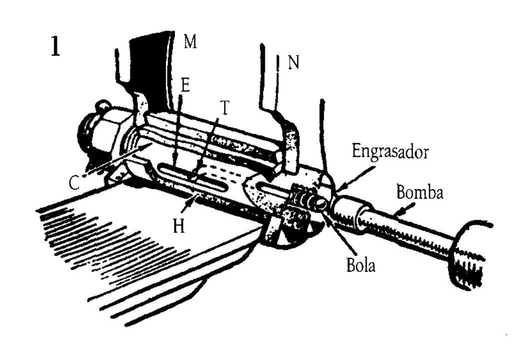


Figura 4.8.

formas representadas en las figuras 4.8-1 (gemela en U) o 4.9 (con dos pequeñas bielas M y N). En la figura 4.8-2 se muestra despiezada la gemela en U; sus ramas, que son los ejes de oscilación, van rodeadas por los casquillos C con engrasadores E y retenes de grasa R apoyados en las cazoletas finales Z. Uno de los casquillos pasa por el ojo de la ballesta B; el otro se articula al larguero. El tipo de la figura 4.9, si lleva casquillos de bronce C, detalle 1, debe también engrasarse, y para ello están dotadas de engrasadores generalmente con válvula de bola; el lubricante pasa por el tubito central T a una escotadura E del eje de acero H, engrasando el contacto de éste con el casquillo C. Actualmente llevan un depósito de lubricante, sellado, para no tener que ocuparse de su engrase.



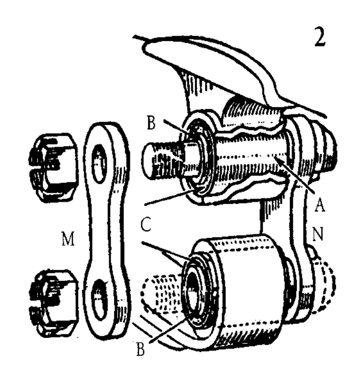


Figura 4.9.

Para estas articulaciones, así como para otras del automóvil son usadas también las llamadas *silenbloc* (Fig. 4.9-2), compuestas por dos manguitos fijos de acero A y B entre los que está intercalada a presión una camisa C de caucho comprimido, que por su elasticidad hace el papel de articulación para pequeñas oscilaciones; el funcionamiento es silencioso y no requiere engrase.

Cuando las ballestas son muy flexibles se llaman *blandas*, y en caso contrario, *duras*. En general las delanteras son más duras que las traseras para evitar el cabeceo durante la marcha.

El frotamiento de las hojas unas con otras, al flexarse, servía antiguamente para frenar las oscilaciones; pero ese roce depende del grado de resbalamiento entre aquellas; si la ballesta está recién engrasada, el frotamiento es muy pequeño, y si se dejan oxidar, el roce se hace cada vez más duro pudiendo llegar un momento en que las láminas hacen cuerpo unas con otras y la ballesta actúa como una barra maciza, anulando la flexibilidad de la suspensión. Cuanto menos flexible sea ésta, más bruscamente absorberá los esfuerzos de la marcha y más fácilmente se

podrán romper las hojas de la ballesta. Por todo ello no solo hace ya bastantes años que se recomienda el engrase de las hojas, sino que se confía el frenado de las oscilaciones a los amortiguadores, que de un suplemento de la suspensión han pasado a formar parte sustancial de ella.

A veces las hojas de ballesta llevan entre sí unas láminas de cinc que mantienen constante el grado de flexibilidad; otras veces se insertan discos de antifricción o de caucho, con análogo objeto y el de amortiguar vibraciones. Como las hojas de acero tienden a oxidarse, se recomienda "pintarlas" con un aceite fino penetrante. Para conservarlas en buen estado se usaban fundas de cuero, con un engrasador, que las preservaban del agua, polvo y barro de los caminos. Las ballestas más empleadas son las llamadas *semielípticas*, que modernamente son casi planas (Fig. 4.10), de modo que al flexarse se encorvan en sentido contrario al habitual. El montaje corriente se realiza sobre el eje delantero (1) con articulación sencilla por un extremo (para dar un punto de fijeza a la ballesta con relación al bastidor), por ejemplo, en C; y el otro extremo se articula con la gemela AB a la mano postiza M, sujeta al larguero.

Las ballestas traseras pueden llevar gemelas en ambos extremos o sólo en el posterior (Fig. 4.10-2), según sea el sistema de propulsión empleado; de todos modos, suelen colocarse por el costado exterior del larguero para hacer más ancha la base de apoyo en beneficio de la estabilidad, mientras que las delanteras caen debajo del larguero para permitir el libre juego de orientación de las ruedas directrices. Las ballestas traseras pueden ir suspendidas por debajo del eje (Fig. 4.4) en vez de apoyadas, para bajar algo el chasis. También pueden montarse (Fig. 4.11) en "cantilever". El centro de la ballesta F se articula al larguero L; el extremo delantero también, con gemela o disposición análoga M, y al posterior se le une el puente trasero T. La suspensión se complementa con amortiguadores A.

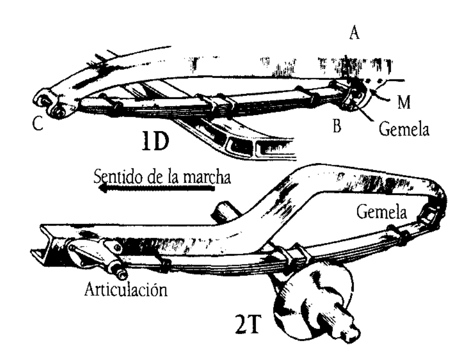


Figura 4.10.

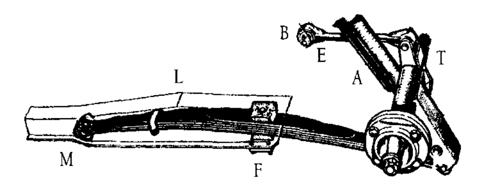


Figura 4.11.

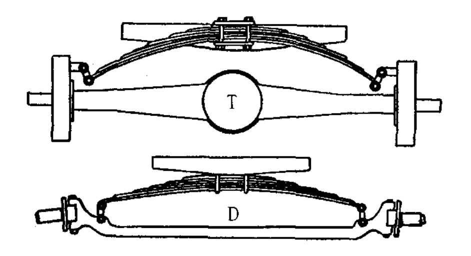


Figura 4.12.

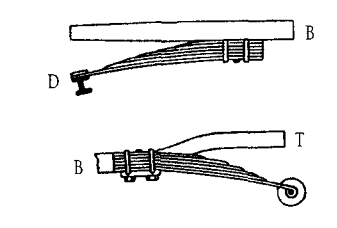


Figura 4.13.



Figura 4.14.

Un sistema que fue muy empleado por Ford, y que aun es usado por algunas marcas, en especial en vehículos pequeños, es colocar las ballestas *transversales* al vehículo (Fig. 4.12), trasera T o delantera D.

Así mismo se ha usado el *ballestín* "semicantilever" o "cuarto de elipse" (Fig. 4.13). También se han empleado dos ballestines uno encima de otro, paralelos y separados entre sí más de diez centímetros, disposición llamada de *doble ballestín*.

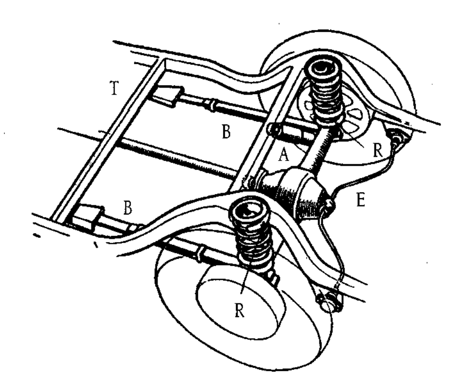


Figura 4.15.

En la actualidad las ballestas tienen menos hojas y son menos combadas que antiguamente. Chevrolet usó en sus modelos Chevy unas ballestas traseras de hoja única y muy largas, gruesas y estrechas por el centro y finas y anchas por los extremos (Fig. 4.14).

3.1.2. Muelles helicoidales

Sustituyen a las ballestas en la mayoría de los vehículos modernos. De gran efectividad y reducido tamaño presentan grandes ventajas para la suspensión independiente.

Su uso se inició sustituyendo a las clásicas ballestas semielípticas (Fig. 4.15), colocando esos muelles R, verticalmente entre los largueros del bastidor y las trompetas. Para que no quede el eje trasero suelto respecto al bastidor, se usan las *bielas de empuje* B, que se unen por un extremo al eje y por el delantero a un travesaño T. Si esas bielas son firmes (como en D, figura 4.13), las bielas pueden ser verdaderos ballestines que ayudan a la suspensión. Esta se complementa con los amortiguadores A y la barra de torsión E, que por tener sus extremos anclados a los largueros, cada vez que sube el diferencial respecto al bastidor se retuerce y añade su efecto elástico al de los muelles R.

Los muelles helicoidales consisten en un arrollamiento en hélice de un cable de acero elástico, de diámetro variable en función del esfuerzo a soportar. La elasticidad del muelle depende del número de espiras, de su diámetro, del diámetro del cable y de las características del material en que está elaborado. Las dos espiras extremas son planas para facilitar su montaje.

Participan de las condiciones de trabajo de las ballestas y de las barras de torsión, toda vez que al someterlos a una acción de carga según su eje, las distintas secciones de las espiras se encuentran sometidas a un esfuerzo de torsión, como si fuese una barra arrollada en hélice; si la carga es tal que determina grandes variaciones en el paso, distancia entre dos espiras consecutivas, se haya sometido también a esfuerzos de torsión.

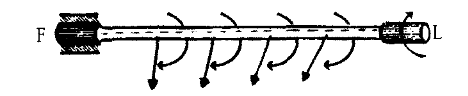


Figura 4.16.

3.1.3. Barras de torsión

El fundamento de las barras de torsión (Fig. 4.16) es el siguiente: si una barra de acero adecuado, anclada por un extremo F, se retuerce por el otro libre L,

gira elásticamente sobre su eje como señalan las flechas, recuperando su primitivo estado en cuanto cesa la torsión aplicada en L. Para la misma clase de barra, el giro u oscilación en el extremo libre podrá ser tanto mayor cuanto más larga sea aquella.

Es esencial que el esfuerzo aplicado no sobrepase el límite de elasticidad del material, ya que ello daría lugar a una deformación de carácter permanente..

3.1.4. Barras estabilizadoras

Al tomar el vehículo las curvas, la fuerza centrífuga inclina la carrocería hacia el lado de fuera (Fig. 4.17). Para contener esta tendencia se usan las barras estabilizadoras, montadas en el eje trasero o delantero, o en ambos. Consisten en una barra B de acero elástico (Fig. 4.18) apoyada por sus extremos en manguitos tubulares de los dos largueros del bastidor; en sus extremos se fijan rígidamente dos bielas que van a articularse sobre los ejes de las ruedas: si la fuerza centrífuga en una curva tiende, por ejemplo, a subir la carrocería por la izquierda I, bajándola por la derecha D, la barra resulta retorcida por las bielas, que giran una en sentido contrario de la otra y su esfuerzo de torsión contiene la inclinación causante, estabilizando la carrocería.

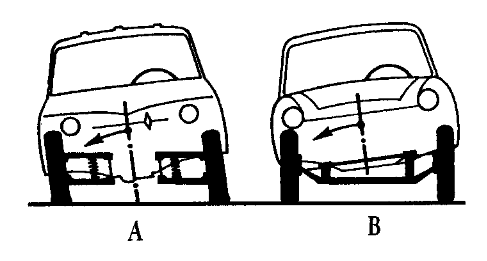


Figura 4.17.

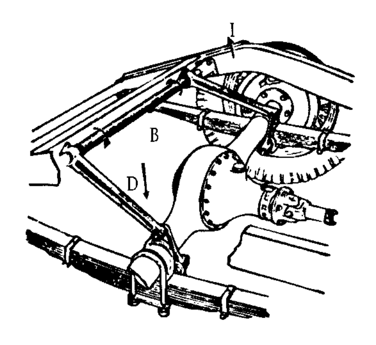


Figura 4.18.

Las bielas pueden ser suprimidas dando a la barra forma de U (Fig. 4.19). La barra estabilizadora, o estabilizador, también actúa al circular en línea recta evitando las oscilaciones laterales, balanceo, lo que da lugar a que también se las denomine *barras antibalanceo*.

3.1.5. Muelles de goma

Utilizados como elementos de amortiguación auxiliares, son muelles anulares de goma, de acción progresiva, vulcanizados entre piezas de metal. Compactos, sin mantenimiento y con elevada amortiguación propia, son sensibles a la temperatura, condiciones atmosféricas y a los productos químicos y al aceite (Fig. 4.20).

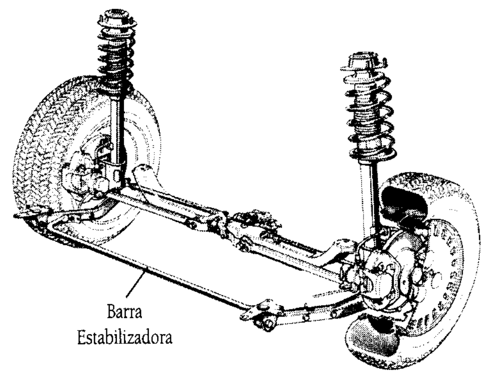


Figura 4.19.

3.2. Amortiguadores

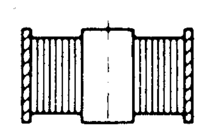


Figura 4.20.

El frenado de la amplitud y número de oscilaciones de las ballestas se confía a los amortiguadores, que forman parte substancial de la suspensión; son más delicados que las ballestas o resortes. Los amortiguadores se colocan en las proximidades de las ruedas.

Al pasar una rueda sobre un obstáculo, por ejemplo una piedra, la ballesta o el resorte se comprimen, evitando en gran parte que el bastidor se levante; pero enseguida, al recobrar por su elasticidad la posición primitiva, se pasa de ella a causa de la energía almacenada durante la flexión; se "dispara". Este rebote es el que sacude al vehículo y molesta a sus ocupantes, así como la serie de oscilaciones que siguen hasta restablecer el muelle su posición de equilibrio; por ello los amortiguadores tienden a frenar principalmente el movimiento de separarse la ballesta o resorte del bastidor, *simple efecto*, más que el de acercarse, aunque hay muchos modelos que actúan como freno en ambos sentidos, *doble efecto*, ya que si la rueda se ha desequilibrado por bajar un bache, cuando lo pasa se encuentra con que la carrocería está cayendo encima y aplasta demasiado el muelle, con peligro de rotura.

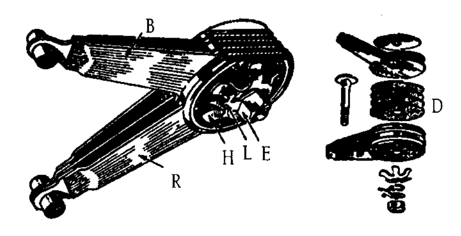


Figura 4.21.

3.2.1. Amortiguadores de fricción

Los amortiguadores de fricción, ya poco usados (Fig. 4.21), están formados por dos brazos que se sujetan: uno B al bastidor y el otro R al eje o rueda correspondiente, mediante articulaciones que suelen ser de silentbloc. Cada brazo está constituido por dos o más láminas de acero que se reúnen alternadas en un eje común E, intercalándose entre ellas unos discos de fricción de madera dura, fibra o tejido de amianto, que pueden verse sueltos en D (detalle de la derecha, que muestra despiezado un amortiguador de esta clase). Cuando la ballesta o resorte se flexa en cualquier sentido, los brazos del amortiguador se cierran o abren como una tijera y los discos de fricción frenan las oscilaciones, doble efecto. La presión de trabajo de los discos D se obtiene por la pieza estrellada H, cuyos brazos hacen de fuerte resorte y es graduable por medio de la tuerca E, que lleva un índice L a modo de indicador. Una vez reglados los amortiguadores no hay que tocarlos más que para comprobar su ajuste de cuando en cuando.

3.2.2. Amortiguadores hidráulicos

Los amortiguadores hidráulicos pueden ser giratorios, de pistón o telescópicos.

Los *giratorios* (Fig. 4.22) tienen un brazo R sujeto a la ballesta; articulado a él llevan el otro Z, que manda el giro de un tabique o rotor T dentro del cuerpo del amortiguador fijado al bastidor. El cuerpo es cilíndrico, un tabique radial fijo, con orificios, combinado con el móvil o rotor lo divide en dos compartimentos A y B llenos de líquido (aceite especial, glicerina o mezcla a base de ésta). Cuando la ballesta se comprime sube el

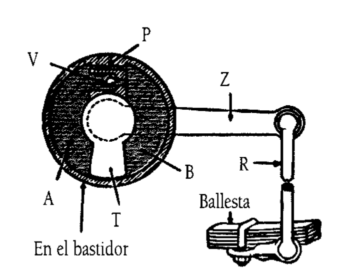


Figura 4.22.

brazo R y gira hacia arriba Z, con lo que el rotor T comprime el líquido de B, que tiende a pasar hacia A, encontrando fácil salida por la válvula V que se abre; pero en el rebote baja Z, y el líquido de A, para pasar ahora a B, sólo puede hacerlo a través del pequeño orificio libre P, ya que la válvula se mantiene cerrada por la misma presión del líquido. Este tipo es de simple efecto porque solamente frena el rebote; pero sin la válvula sería de doble efecto.

Los amortiguadores de *pistón* tienen análogo fundamento. En la figura 4.23 se representa uno de doble efecto: en 1 ocurre la compresión de la ballesta, suben R y Z y la leva L desplaza a la derecha al doble pistón T que lleva en ambas caras las válvulas V y S; el líquido se comprime en B y comienza a salir por el estrecho paso libre P, frenando suavemente la oscilación de Z; pero si el movimiento de R es brusco, la presión sube lo bastante para abrir la válvula V, que evita una dureza excesiva al frenado de Z; el líquido pasa según las flechas al cuerpo A a través de su paso P, ayudando al frenado, y si la presión es elevada, abre las válvulas S. En el rebote, detalle 2, ocurre a la inversa; el líquido se comprime en A y sale por P, y si es preciso por V a entrar en B. *El aparato frena en los dos sentidos, doble efecto, de modo gradual*, suavizando la dureza del frenado ante los bruscos ballesteos, pero amortiguando enseguida las oscilaciones.

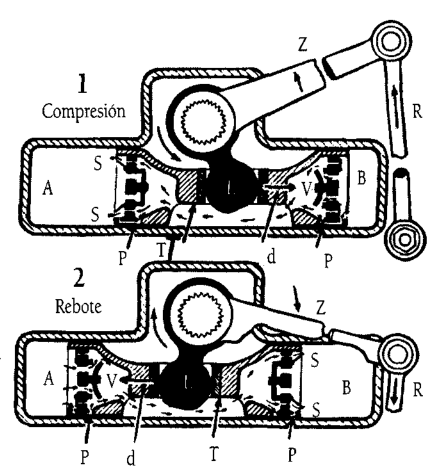


Figura 4.23.

El de simple efecto consiste en una mitad del representado en la figura 4.23-1. Las disposiciones de las válvulas son diversas según las marcas y modelos; en algunos tipos son accesibles e incluso reglables desde el exterior, para lo cual la comunicación entre los cilindros A y B se hace por tubos exteriores al pistón T.

Los amortiguadores más empleados actualmente son los hidráulicos de tipo *telescópico* (Fig. 4.24): se componen de dos tubos concéntricos B-C sellados por el extremo superior con la empaquetadura F, a través de la cual pasa el grueso vástago H terminado en el extremo de fuera por el anillo D que se une al bastidor, y que lleva un tercer tubo abierto E a modo de campana tapadera. El vástago H termina en el pistón J, con orificios calibrados y valvulitas deslizantes dentro del tubo interior B. Por abajo éste termina en la tapa M, también con agujeros y válvulas, dejando el paso A entre B y C. El amortiguador se une por N al eje o rueda.

Se forman, pues, tres cámaras: la G, la K y la anular L. Cuando se comprime la suspensión, baja D con el pistón, aumentando el espacio G y achicando el K. El aumento de espacio en G se llena en parte con el grosor del vástago H que

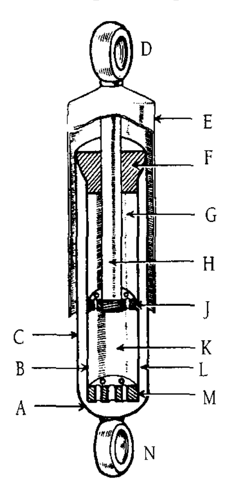


Figura 4.24.

entra; pero el resto se llena de líquido que pasa de K por los orificios del pistón J. El resto del líquido que sobra de K sale por los orificios del fondo M, a la cámara anular L. El paso del líquido por los orificios y válvulas de J y M frena el movimiento, amortiguándose la compresión de los muelles de la suspensión.

Cuando se produce el rebote, D se aleja de N, el pistón sube, teniéndose que llenar el aumento del espacio en K con el líquido que antes había pasado a G y a L, y que ahora, en sentido contrario, pasa forzado por los agujeros del pistón J y fondo M, frenándose el rebote. Según la disposición y tamaño de las valvulitas en J y M así será mayor el amortiguamiento en un sentido que en otro, simple efecto, o igual en ambos, doble efecto.

3.2.3. Reglaje de los amortiguadores

En los amortiguadores hidráulicos las variaciones de temperatura, tanto del ambiente como del desarrollo de calor que produce el funcionamiento, varían la viscosidad del líquido empleado; así, por ejemplo, al empezar a circular el vehículo con la menor temperatura de la mañana, el aceite está denso y pasa con dificultad por los orificios, haciendo dura la suspensión, mientras que después de un largo recorrido se calienta y hace más fluido, pasa con mayor facilidad y da una suspensión blanda. Esto se corrige en bastantes modelos de amortiguadores por medio de un termostato que, al dilatarse con el calor, obtura más o menos el orificio de paso entre los compartimentos.

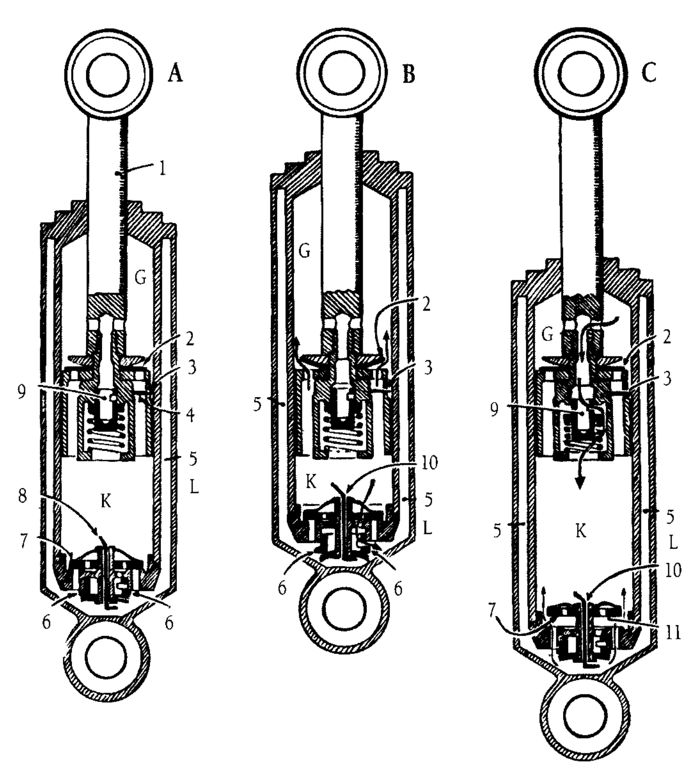
Si el camino es malo conviene endurecer la suspensión, que debe ser más suave si la carretera es buena. Por otra parte, aun sobre la misma clase de vía a velocidades moderadas de paseo conviene un "ballestaje" suave, mientras que a grandes velocidades debe ser duro. Para adaptarse en todo momento a las circunstancias de velocidad y camino, se usa en algunos automóviles un sistema de regulación de los amortiguadores, bien en cada uno o a distancia, tele-reglaje, que permite al conductor graduar la suspensión con arreglo a sus deseos.

En el caso de la figura 4.25 el reglaje inicial se hace cambiando las agujas calibradas 4 y 8: cuanto más gruesas, más frena el amortiguador; pero esto no suele hacerse por el conductor sino que según los caminos a recorrer con más frecuencia o se piense conducir a grandes velocidades o moderadamente, así se compran los amortiguadores.

El tele-reglaje se hace, generalmente, dando a mano presión a un líquido que actúa sobre los discos D (Fig. 4.21), apretándolos más unos contra otros para endurecer la suspensión, o bien actúa sobre una aguja de paso en los hidráulicos.

También por mando mecánico, un cable bowden por ejemplo, se puede hacer girar una aguja que deje más o menos paso al líquido, de una a otra cámara, en los amortiguadores hidráulicos.

Cuando los amortiguadores hidráulicos convencionales tienen que funcionar en condiciones muy difíciles, por ejemplo por malos caminos o a elevadas velocidades, el fluido hidráulico se calienta tanto que se forman en el mismo burbujas de gas. Estas pasan fácilmente a través de los orificios del pistón, lo que empeora el funcionamiento del amortiguador precisamente cuando más necesario es. Debido a ello es apropiado utilizar amortiguadores de gas cuando las condiciones de funcionamiento son difíciles. En principio un amortiguador de gas tiene la misma construcción que uno hidráulico. La diferencia es que el fluido hidráulico está sometido a presión, lo que impide la formación de burbujas de gas. La presión se crea en la sección inferior del cilindro hidráulico, que está lleno de gas comprimido. El fluido y el gas están separados mediante una partición estanca que puede moverse de arriba abajo en el interior del cilindro.



A. Posición media, en reposo. 1. Vástago del pistón. 2. Válvula sobre el pistón. 3. Orificio de paso que puede calibrarse mayor o menor según sea más fina o gruesa la aguja 4. 5. Cámara anular o depósito para líquido. 6. Válvula de anillo con ventana lateral. 7. Válvula de tapa en el fondo del cilindro. 8. Alambre que puede cambiarse por otro más fino o más grueso según se quiera que sea mayor o menor el paso del líquido por el orificio 10. 9. Válvula en émbolo con ventana lateral.
B. La rueda sube comprimiendo la suspensión y el amortiguador. Una parte del líquido pasa a través de los orificios que destapan la válvula 2, y por el calibre 3; otra porción del líquido pasa por la válvula 6, y calibre 10 hacia el depósito anular 5.
C. La suspensión rebota y se alarga el amortiguador. El líquido pasa de la cámara superior G a la inferior K a través del calibre 3, y si el estirón es brusco (por ejemplo, cuando la rueda cae de repente en un bache) también pasa por la válvula 9, que se abre ante la fuerte succión en la cámara K (veánse las flechas). Al mismo tiempo, esta depresión en K atrae líquido del espacio anular 5 (L) a través del calibre 10 y, si es necesario, levanta la válvula de tapa 7 dejando pasar más líquido por el espacio 11.

Figura 4.25.

3.3. Sistemas de suspensión

3.3.1. Suspensión de las ruedas delanteras

Actualmente la inmensa mayoría de los automóviles han adoptado la suspensión independiente para cada rueda delantera, suprimiendo el eje rígido, y algunas veces también

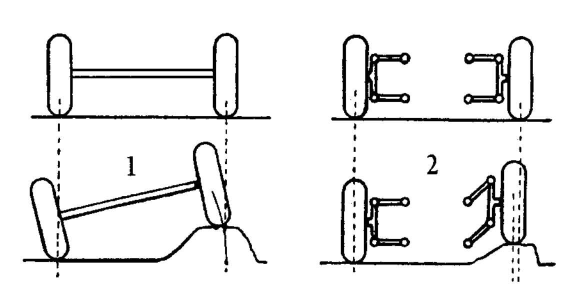


Figura 4.26.

se hace lo mismo con las ruedas traseras. La principal ventaja es que se disminuye el peso no suspendido, es decir el peso cuyos movimientos no son amortiguados por los muelles; cuanto más pequeño es, menores resultan los choques transmitidos a los pasajeros al pisar las ruedas las desigualdades del camino. Por otra parte las ruedas no se comunican mutuamente las vibraciones y choques que sufren (Fig. 4.26); permanecen más en contacto con el terreno, cualesquiera que sean las oscilaciones del bastidor y como puede aumentarse la flexibilidad de los resortes delanteros sin temor al cabeceo, la marcha es más confortable y la dirección segura.

Los sistemas empleados son numerosos y variados, utilizándose como enlace elástico las ballestas, los resortes en espiral o las barras de torsión. En todos los casos es fundamental la actuación de un amortiguador, generalmente hidráulico, y topes de goma para cada rueda, no dibujándose en las figuras siguientes para mayor sencillez de la explicación. Las suspensiones neumáticas aprovechan la elasticidad de un gas o del aire al comprimirse más o menos con los movimientos de ballesteo. En 1963 aparece la suspensión hidráulica en los modelos "1100" del grupo inglés Nuffield o BMC (Austin, Morris, MG).

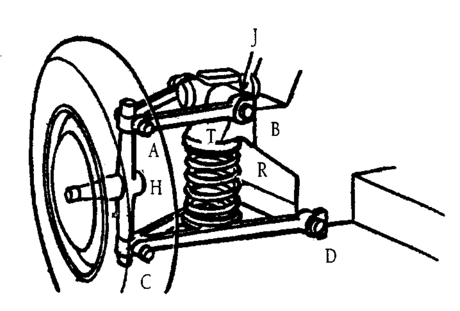


Figura 4.27.

El empleo de muelles helicoidales es el más generalizado. En su forma corriente (Fig. 4.27) consta de los brazos triangulares AB y CD articulados por sus bases al bastidor en los ejes B y D y por las puntas A y C a la barra H, que soporta la rueda formando un *trapecio articulado*. El brazo inferior, más grande que el de arriba, en sus oscilaciones comprime el muelle R contra el tope superior T que forma parte del bastidor. En la articulación B suele colocarse un amortiguador hidráulico J de doble efecto, telescópico en cada vez más modelos, y colocados muchas veces en el hueco interior del muelle helicoidal (Fig. 4.28): los largueros L del bastidor se arriostran con el robusto travesaño TT a cuyos extremos se articulan las suspensiones de ambas ruedas; el resorte helicoidal R se apoya en el brazo articulado inferior, y por arriba en el tope terminal P del travesaño; dentro del hueco del resorte va colocado el amortiguador telescópico A.

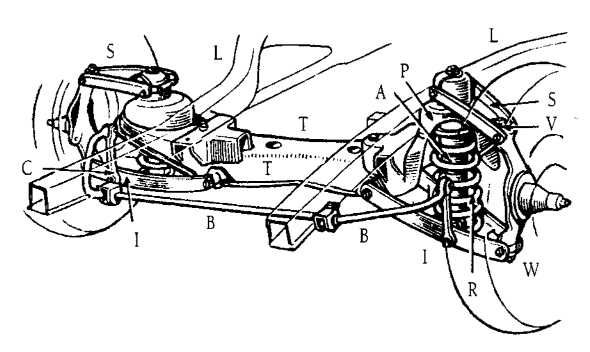


Figura 4.28.

Una variante del sistema expuesto es la *suspensión Mc Pherson* (Fig. 4.29). Los brazos de suspensión inferiores 1, están unidos por un extremo 2 al bastidor y por el otro 3, y a través de una rótula, a la mangueta 4; ésta se prolonga por un tubo 5 en cuyo interior se aloja y fija un amortiguador telescópico 6 cuyo extremo superior y, con interposición de una cazoleta y un taco elástico, se fija a la carrocería; un muelle helicoidal 7 se sitúa entre dicha cazoleta y otra fija al tubo. Las irregularidades del terreno son transmitidas por las

ruedas al muelle y las oscilaciones regularizadas por el amortiguador. Este sistema exige que la carrocería sea muy resistente en la fijación de los soportes, al objeto de absorber los esfuerzos transmitidos por la suspensión.

Los dos brazos de suspensión inferiores suelen estar relacionados por una barra estabilizadora, en el caso de la suspensión tipo Mc Pherson (Fig. 4.6).

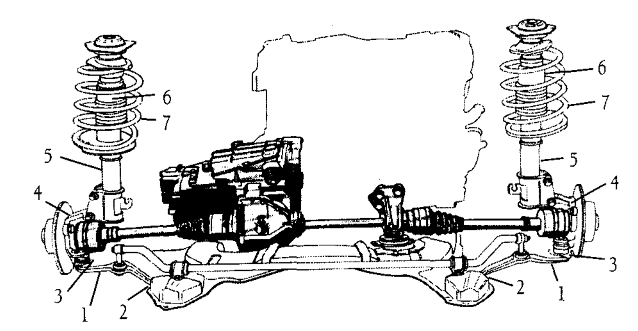


Figura 4.29.

En la figura 4.30 se dibuja la *suspensión por barras de torsión*. Dos brazos articulados al bastidor soportan el eje de la rueda; el brazo inferior se une en C a la barra de torsión B; que por el extremo opuesto se encaja rígidamente en un manguito de un travesaño del bastidor; las oscilaciones verticales de la rueda se traducen en torsiones elásticas de la barra, que sustituye así a los muelles en ballesta o resorte. El tope T, que impide la rotación de la barra en el sentido en que se levanta la rueda, obligándola a trabajar por torsión, es regulable para mantener las manguetas de las ruedas más o menos altas con relación al bastidor. Cuando se note que la altura del vehículo parado ha bajado, como si las barras hubiesen cedido, debe levantarse con "gatos" el bastidor, para aliviar de la carga a las barras de torsión, y actuar sobre los topes de regulación T.

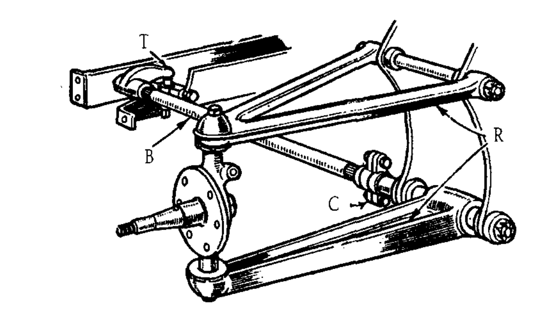


Figura 4.30.

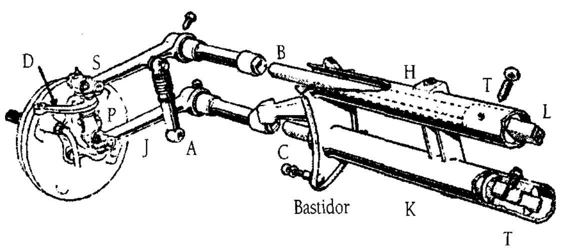


Figura 4.31.

Otro sistema con barras de torsión, empleado por Wolkswagen (Fig. 4.31), consiste en soportar cada rueda por dos brazos oscilantes S y J que giran, formando paralelogramos, en los extremos de los tubos H y K travesaños del bastidor; cada brazo S y J se une a las barras de torsión B y C que se retuercen dentro de dichos tubos y van sujetas a los centros TT de éstos. Un amortiguador telescópico A completa la suspensión en cada rueda. Las barras de torsión, en vez de ser redondas, tienen sección cuadrada y están formadas por cuatro o cinco pletinas, como se ve en L; esta clase de barras es usada por otras marcas, tanto en éste o análogo sistema de colocación como en los señalados por las figuras 4.30 y 4.40.

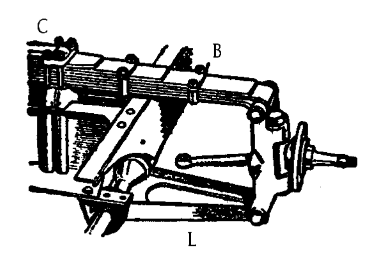


Figura 4.32.

La suspensión independiente con *ballesta transversal* (Fig. 4.32), anclada por su centro C al bastidor, necesita de un brazo que le dé rigidez en el sentido longitudinal del vehículo, para que la rueda no se pueda mover adelante y atrás con relación a él; el sistema más extendido es el brazo triangular L rígido y fuerte, giratorio sobre un eje colocado en el larguero; pero en algunos casos se sustituye por otra ballesta transversal paralela a la superior P y colocada análogamente a ésta.

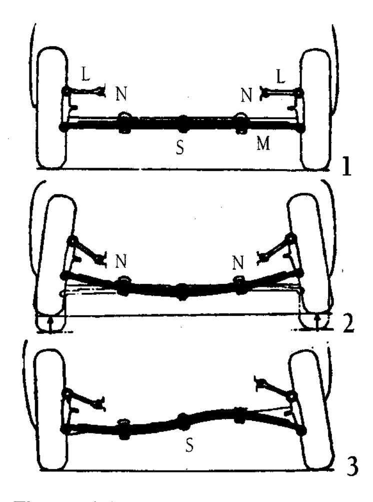


Figura 4.33.

En la figura 4.33 se muestra el efecto de la suspensión Fiat-Seat 600, con ballesta transversal inferior M anclada al bastidor por su centro S, y con los brazos triangulares L oscilantes en los ejes de unión N al bastidor. La posición normal 1 es con ballesta recta; cuando el vehículo se carga fuertemente (2) aquella se flexa y sube las ruedas, o sea que baja la carrocería hacia el suelo. En una curva cerrada, al irse el vehículo hacia fuera por la fuerza centrífuga (3), la ballesta se flexa en la forma que señala el dibujo, oponiéndose a la inclinación de la carrocería.

3.3.2. Suspensión de las ruedas traseras

El sistema de suspensión de las ruedas traseras puede ser de *eje rígido* o *suspensión por ruedas independientes.*

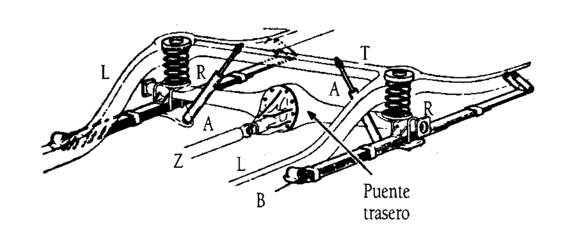


Figura 4.34.

Suspensión por eje rígido.

En la figura 4.34 se dibuja la suspensión trasera mixta de ballestas B y los resortes R apoyados en las uniones de los largueros L y travesaño T. Los amortiguadores A están inclinados abriendo hacia el suelo.

Al exponerse los muelles helicoidales, se describió (Fig. 4.15) la suspensión por resorte, amortiguador y bielas de empuje, que enlazan el eje trasero con la carrocería, con la finalidad de que mantengan entre sí su posición relativa.

En la figura 4.4 podía observarse una suspensión por ballestas y amortiguadores.

La figura 4.35 muestra la suspensión correspondiente al Nissan Terrano, en la que en 1 se muestran las bielas de empuje, en 2 la barra estabilizadora, en 3 los muelles helicoidales y en 4 los amortiguadores.

Distintas combinaciones de los elementos citados y su disposición, son utilizados por las variadas marcas y modelos.

Este sistema permite las oscilaciones verticales de cada rueda, si bien afecta a la dis-

puesta en el otro extremo del eje.

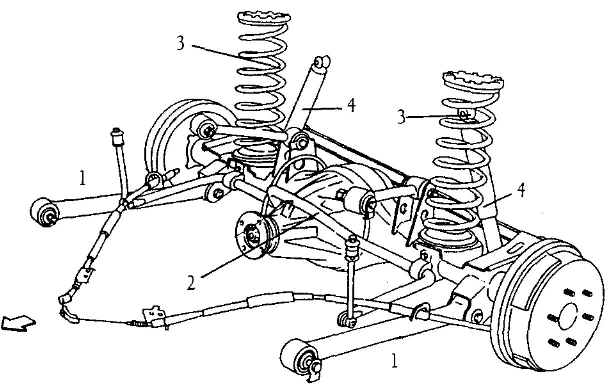


Figura 4.35.

Suspensión por ruedas independientes.

Aunque en menor proporción que para las delanteras, se extiende el sistema de la suspensión independiente para las ruedas traseras, empleándose como enlace elástico casi siempre resortes helicoidales o barras de torsión, o combinaciones de ambos, con la incorporación de amortiguadores para evitar las oscilaciones.

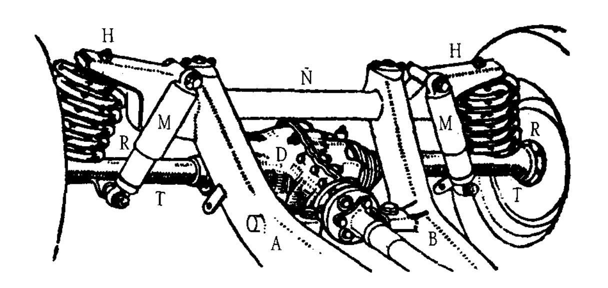


Figura 4.36.

Con resortes (Fig. 4.36); al travesaño AB del bastidor se sujeta el diferencial D del que parten las trompetas T, oscilantes en rótulas que lleva D a los costados, como la R de la figura 5.5. Por dentro de las trompetas T van los palieres que mueven las ruedas. Entre los salientes H del travesaño Ñ y las trompetas, se intercalan los muelles de suspensión R y los amortiguadores inclinados M.

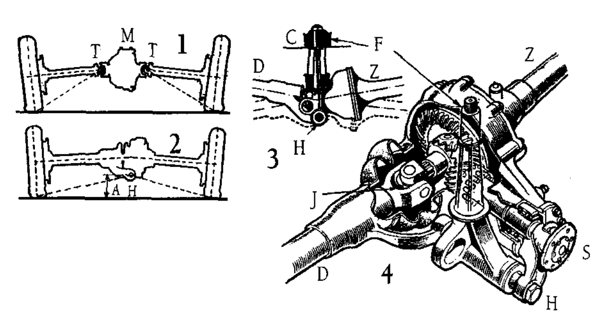


Figura 4.37.

El esquema de esta suspensión (Fig. 4.37-1), en la que el cárter del diferencial va fijo por M al bastidor, requiere dos juntas cardan T, una para cada palier. Posteriormente Mercedes Benz ha modificado el sistema (detalle 2), haciendo que el centro de oscilación H de las ruedas baje notablemente, altura A; para ello divide en dos partes el cárter del diferencial, articulándolas en el pivote H que (detalles 3 y 4) lo sujeta al bastidor mediante la torrecilla F, con interposición de tacos de goma. El giro motor llega por el árbol de transmisión S al piñón de ataque; del diferencial sale el palier izquierdo, dentro de la trompeta Z, sin junta cardan, y el derecho D con la cardan J. Los movimientos de ambos palieres se ven en el detalle 3, oscilando con sus semicárteres alrededor del pivote horizontal H. Esta disposición es más sencilla y estable que la (1). La suspensión completa se ve en la figu-

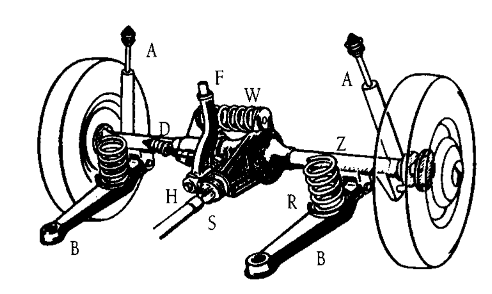


Figura 4.38.

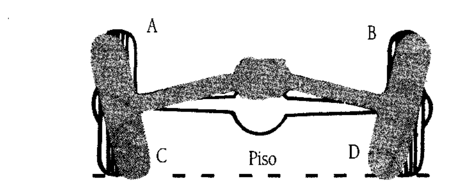


Figura 4.39.

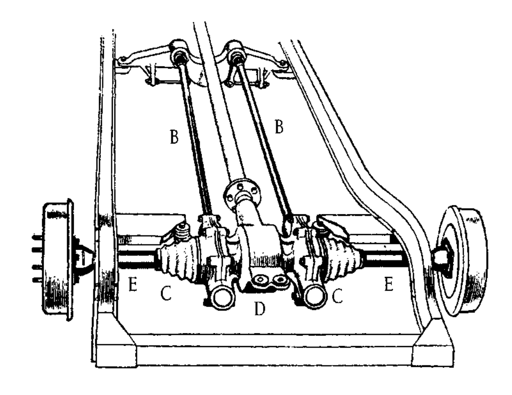


Figura 4.40.

ra 4.38: F es el punto de la torrecilla que se sujeta al bastidor, de modo que H, eje de oscilación de las trompetas D y Z, está fijo a la carrocería. La suspensión la realizan los resortes R apretados entre las bielas de empuje B y el bastidor encima, no dibujado, auxiliados por los amortiguadores A.

Las bielas de empuje se articulan detrás a las trompetas y por delante al bastidor. Así es la suspensión del modelo 190; en los 220 se añade el resorte horizontal W, que actúa sobre el movimiento angular señalado en la figura 4.39: mientras que en los ejes rígidos se mantiene el paralelismo vertical y la vía de las ruedas A y B, con la suspensión independiente el ballesteo varía uno y otra, ruedas C y D. Esto influye en el desgaste de los neumáticos, esencialmente los traseros. Con el vehículo descargado, las ruedas independientes ofrecen alguna convergencia hacia abajo, con objeto de que el ballesteo de la marcha y con el vehículo cargado resulten lo más perpendiculares posible al piso, levemente bombeado de las carreteras modernas.

La figura 4.40 representa el sistema de suspensión trasera independiente por barras de torsión B, una por cada rueda. El diferencial D se une rígidamente al bastidor, y las trompetas E llevan dentro los semiejes que mueven las ruedas y ballestean con ellas gracias a las rótulas para las primeras y juntas cardan para los segundos, cubiertos por los fuelles C. El extremo delantero de las barras de torsión, que va empotrado en un travesaño del chasis, lleva un tope regulable con el que se ajusta la inclinación de las ruedas, análogo al T de la figura 4.30.

En estos casos (Figs. 4.36 y 4.40) pueden suprimirse las trompetas y ser T y E, respectivamente, palieres desnudos si las ruedas tienen el adecuado enlace al chasis.

Las barras de torsión pueden ir dispuestas transversalmente, anclándose la de cada rueda en el larguero opuesto. Para suprimir las oscilaciones se sirven de sendos amortiguadores.

Otra utilización de las barras de torsión se muestra en la figura 4.41. El eje trasero está constituido por dos tubos 1 y 2, acoplados parcialmente, mediante cojinetes, el uno en el

interior del otro. Dentro de ellos dos barras de torsión 3 y 4, se anclan, mediante estrías en los tubos 1 y 2 respectivamente, por uno de sus extremos y por el otro a los brazos 5 y 6, que a modo de biela de empuje enlazan el eje con el chasis. Los brazos de seguimiento de la suspensión 7 y 8, quedan enlazados a los extremos interiores de los tubos, de tal manera que al bascular forzados por las ruedas, arrastran consigo a las barras de torsión. Las oscilaciones son absorbidas por los amortiguadores 9 y 10. Los brazos de seguimiento de la suspensión van enlazados por una barra estabilizadora 11.

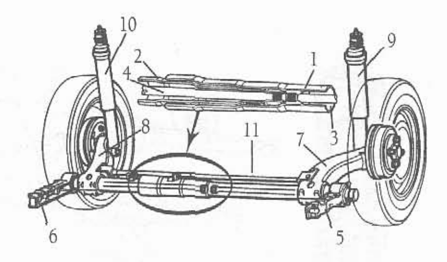


Figura 4.41.

En la figura 4.42 puede observarse una realización práctica de un tren trasero autodireccional, montado en el Peugeot 306.

En la figura 4.19, puede observarse una suspensión trasera por ruedas independientes que incorpora una barra estabilizadora.

Los modernos trenes traseros multibrazos proporcionan mayor estabilidad direccional, debido al diseño de la suspensión del tipo doble brazo más barra de control de convergencia, que mantienen siempre sobre ésta un adecuado control. Cuando el vehículo gira, o frena mientras está girando, se produce un movimiento de las ruedas, en dirección convergente, de acuerdo con la magnitud de la fuerza lateral o tangencial que soportan las ruedas.

La incorporación de ballestas construidas en resina y fibra de vidrio, de "constante de resorte" menor que las de acero, mejoran el confort de marcha en las plazas traseras.



Figura 4.42.

3.3.3. Suspensiones conjugadas

Son las que enlazan las ruedas delanteras y traseras, generalmente de un mismo lado, en sus oscilaciones.

Suspensión Citröen 2 CV. (Fig.4.43).

Las cuatro ruedas son independientes y la suspensión enlaza las ruedas delantera y trasera de cada lado. El bastidor M tiene dos ejes en cuyos extremos se articulan los brazos B portadores de las ruedas A. Cada brazo lleva en ángulo otro más corto C, enlazado por la biela D al cilindro central E, apoyado y deslizable en los travesaños del bastidor. Hay un cilindro a cada costado del vehículo, al que se enlazan las ruedas delantera y trasera de ese lado.

Si, por ejemplo, la delantera A tropieza con una piedra, sube con su brazo B, el cual por su brazuelo C tira del resorte H apoyado en el interior izquierdo del cilindro E; por lo tanto éste se viene también hacia la izquierda contra la acción de un muelle en espiral K. Este es el efecto amortiguador de la suspensión, pero a la vez, como E se desplaza a la izquierda, o sea hacia delante del vehículo, comprime el otro resorte J y por tanto tira elás-

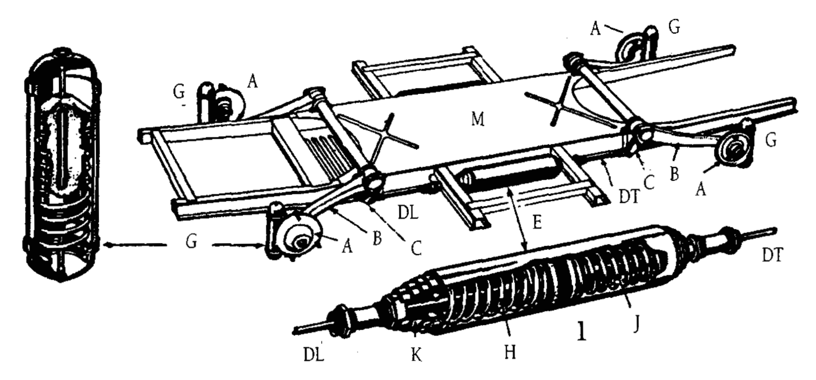


Figura 4.43.

ticamente de DT que por el brazuelo trasero T tiende a bajar el B y la rueda trasera A, preparándola para resistir el choque con la piedra que levantó a la rueda delantera A1.

Cerca de cada una de las ruedas hay un amortiguador "de inercia" G, véase detalle izquierdo, que contiene el peso de unos tres Kg., apoyado sobre un resorte; cuando la rueda sube, el peso tiende a quedarse bajo comprimiendo el muelle; cuando la rueda baja, el peso se queda alto tirando del resorte; en ambos casos se frena el movimiento oscilatorio de la rueda amortiguándolo.

Esta original suspensión, de cómoda estabilidad, ha dado un notable resultado para malos caminos.

Suspensión Hydrolastic.

Ideada por la British Motors para sus modelos de 1100 cc. y realizada por Dunlop, confía la estabilidad a bloques de caucho y enlaza las suspensiones de las ruedas delantera y

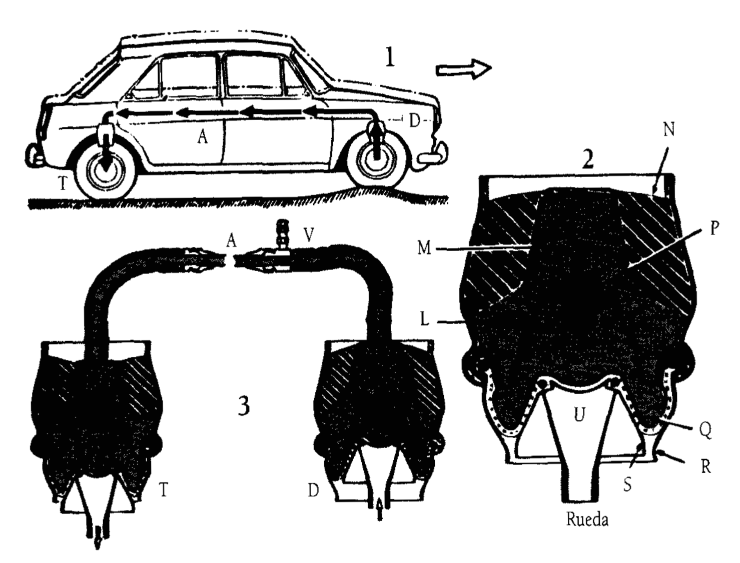


Figura 4.44.

trasera del mismo lado (Fig. 4.44) por medio de una tubería A llena de agua. Cada rueda lleva un elemento de suspensión 2 al que se une por el vástago U, el cual apoya en la copa metálica S a modo de émbolo que recibe a la membrana Q de caucho y nylon, de modo que con las oscilaciones de la marcha puede entrar y salir del cuerpo R de 2. Este va lleno de líquido; se cierra por arriba con el vaso invertido M empotrado en la masa cónica de caucho rayada de blanco N. Dentro del cuerpo R está la campana metálica L, en la que, además del agujerito señalado por la flecha, hay una doble válvula como P (para abrirse hacia arriba o hacia abajo). Cuando la rueda sube, como le ocurre a la delantera D en 1, U también sube (3,D), empujando al líquido de la campana L a seguir forzando la válvula, y se comprime la masa N de caucho en la forma que señala el dibujo.

Esa es la suspensión: el aplastamiento o deformación del caucho. Pero la rueda está unida a la trasera del mismo lado, dibujo 3, por el tubo A que comunica ambas cámaras superiores, de modo que el agua llega a T, fuerza su válvula y pasa a empujar la rueda trasera. Como está apoyada en el suelo, el vehículo sube y queda preparado para que pase la rueda T por encima del obstáculo que levantó antes a D, pues como se invierte la operación, pasa el líquido a sostener D, impidiendo o frenando su caída. Con ello se suprime gran parte del cabeceo y la suspensión es sobre todo estable.

El líquido es una mezcla incongelable de agua con alcohol etílico y sustancias anticorrosivas. El sistema se puede rellenar por la válvula V. El orificio L sirve para los pequeños desplazamientos verticales que no tienen fuerza para mover las válvulas P.

3.3.4. Suspensión de flexibilidad variable

Al aumentar la carga en el vehículo, bien sea en los camiones o que se meten más pasajeros y equipaje en los turismos, la suspensión cede y va llegando a su tope de elasticidad; convendría que a medida del aumento de peso intervinieran nuevos elementos de suspensión que, ayudando a los normales, les aliviasen de un esfuerzo extremo y entre unos y otros mantuviesen lo más constante posible, durante la marcha, el poder de absorción de las reacciones del pavimento.

En los camiones dotados de ballestas semielípticas se consigue por varios procedimientos (Fig. 4.45): la ballesta normal B puede llevar (1) unas hojas menos encorvadas A que

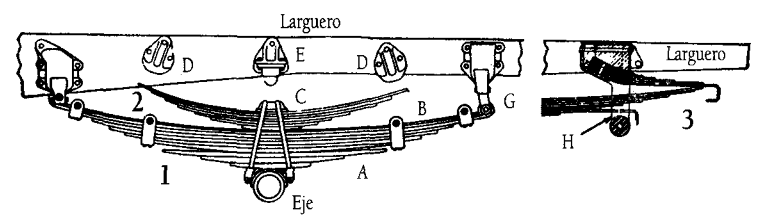


Figura 4.45.

entran en acción cuando aquélla cede, ayudándola en su función; este procedimiento se aplica a las ballestas delanteras y traseras. Para estas últimas es corriente añadir (2) una segunda ballesta más corta C, que empieza a actuar cuando, al subir el eje, llegan a apoyarse sus extremos en los topes D fijos a los largueros. Otro medio es sustituir la gemela G por un soporte H (3) en el que un ballestín sirve de apoyo a la ballesta principal, de modo que, al cargarse el camión o ceder la ballesta, el punto de apoyo se va acercando al eje, o sea que se acorta y endurece la ballesta. Por último, un tope de goma E interviene cuando la flexión es muy fuer-

te, impidiendo que el conjunto de las ballestas ceda exageradamente en un bote y peligren de romperse las hojas. Así, la fuerza de la suspensión se adapta automáticamente al peso, evitándose que sea demasiado dura con poca carga, o resulte blanda cuando se lleva mucha.

Suspensión neumática.

El principio del funcionamiento es sustituir cada resorte o ballesta metálicos por un cojín de aire. Las realizaciones son de flexibilidad variable y permiten al vehículo mantener constante su altura sobre el suelo cualquiera que sea la carga.

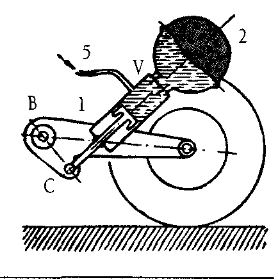
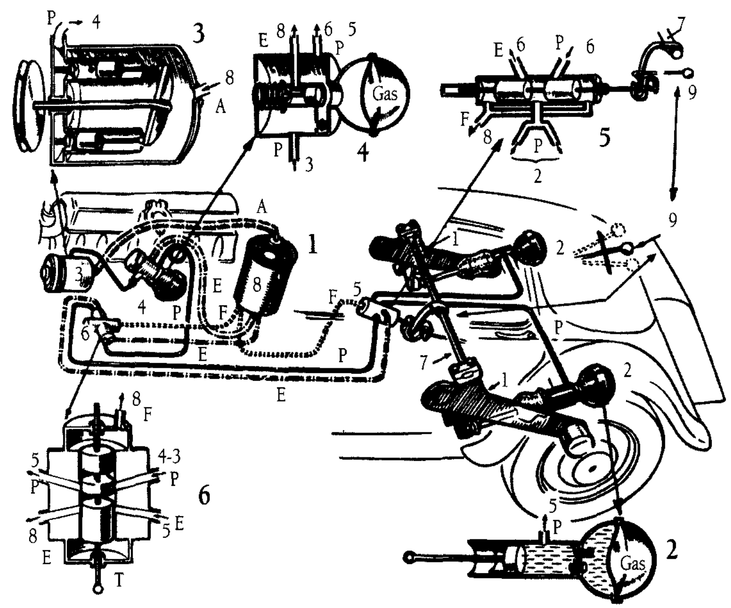


Figura 4.46.

La suspensión *óleo-neumática* de Citroën se esquematiza en la figura 4.46: cada rueda está montada al extremo de un brazo acodado 1 articulado en B al bastidor. El codo C mueve, con las oscilaciones de la rueda sobre el piso, el émbolo que empuja o tira del aceite contenido en su cilindro y que, por tanto, aprieta o afloja la presión sobre la membrana que divide el interior de la bola 2: el gas nitrógeno contenido a la derecha de la membrana, cargado en fábrica de una vez para siempre, se comprime y achica al subir la rueda; en el rebote se distiende empujando por la membrana al líquido hacia el cilindro.



Las tuberías y sus enlaces con los diversos componentes se señalan con letras, A, aspiración; P, presión; E, escape, rebose de fugas. 1, brazos de suspensión: un extremo articulado al bastidor, y el otro lleva la rueda. 2, elementos de suspensión de cada rueda. 3, bomba movida desde el motor por correa: el eje de su polea lleva un plato inclinado que da movimiento de vaivén a los pistones de varios cilindros; aspiran el aceite, que llega del depósito 8, por orificios del cilindro y lo envían a través de válvulas hacia el acumulador 4. 4, acumulador que recibe de la bomba el aceite para enviarlo al nivelador 5 pasando por el cerrojo 6: la presión se regula en 4 con la válvula de descarga que envía al depósito 8 el sobrante cuando aquella sube del valor previsto. 5, nivelador, que pasa más o menos aceite a los elementos de suspensión 2 para mantener constante la altura del vehículo sobre el suelo. 6, cerrojo para aislar los elementos de suspensión 2 a motor parado (posición dibujada); con la varilla T accionada desde el tablero se incomunica todo, al desembragar, baja T automáticamente y la presión de 4 va a 5 y a las ruedas, y el escape de 5 puede seguir al depósito 8. Este cerrojo 6 es necesario para que no se vacíe y baje la suspensión en las largas paradas; aunque a los pocos momentos de funcionar de nuevo el motor estaría otra vez alta. 7, barra de torsión que enlaza los elementos de suspensión 2 de cada rueda, y por su lengüeta central, acciona 5 para mantener constante la altura del vehículo. 8, depósito de aceite. 9, palanca en el portamaletas que sirve de gato hidráulico.

Figura 4.47.

El paso de aceite en uno y otro sentido se hace por las válvulas V: éstas actúan de amortiguador, y el gas de 2 es el elemento de suspensión equivalente a la ballesta o resortes conocidos. Cuando se usan estos medios metálicos, ceden al cargar el vehículo y éste baja; pero con líquido o gas puede restablecerse el nivel, que se mantiene automáticamente constante, enviando líquido a presión por la tubería 5 para obligar a la rueda levantándolo, o bien dejándolo salir para que descienda la carrocería.

La instalación completa se expone en la figura 4.47, cuya leyenda al pie explica los elementos componentes, sus funciones y enlaces. Aparece aplicada sólo a las ruedas traseras de un vehículo, pero igualmente es para las delanteras. Cada uno de los aparatos se detalla en dibujos señalados con los mismos números, y en cada uno de aquéllos se marcan los enlaces con los mismos números de los componentes. El elemento de suspensión 2 ya se ha explicado. La bomba 3 envía el aceite a presión al acumulador 4, que es una bola como la de los elementos de suspensión 2, dividida por un diafragma o membrana que, con la presión del líquido se flexa y comprime el gas contenido en la otra mitad. En 4 hay una válvula de descarga para mantener la presión del aceite en el valor debido, regresando el exceso por una tubería de escape E al depósito 8. El aceite, ya a presión constante, sigue por una tubería de presión P al cerrojo 6, donde el triple émbolo lo deja seguir a 5 o incomunica el paso; en el dibujo está cerrado, porque el conductor, al parar el motor cuando aparca el vehículo, debe accionar un botón del tablero que desplaza la varilla T y sus émbolos con objeto de que no se vacíen de aceite los elementos de suspensión. Al ponerlo en marcha, al primer desembrague que se haga, se corre automáticamente T para restablecer los pasos.

Desde 6 va el aceite por P al nivelador 5. Este dibujo muestra su doble émbolo en la posición intermedia, ruedas incomunicadas, pero con las oscilaciones de éstas se mueve la barra de torsión 7 y su lengüeta acciona ese doble émbolo, dando paso de 6P a 2 para llenar estos elementos, o permite que el aceite de ellos regrese a 6 por 6E y una tubería de escape E; cuando esto sucede, en 6 el aceite que llega por 5E sigue al depósito 8 por una tubería de escape E. Con ello, o bien el aceite está circulando en marcha o, a motor parado y con T cerrado, se aíslan las tuberías de 5 y las ruedas, que no podrán perder aceite lentamente.

El líquido que se fuga por las juntas de los émbolos en 5 y en 6, regresa a 8 por las correspondientes tuberías F.

Una palanca 9 permite usar la instalación como gato hidráulico. Cuando se quiere levantar una rueda para cambiarla teniendo el motor en marcha, se pasa 9 a la posición alta, con lo que fuerza la lengüeta de 7 a tirar del doble embolito; pasa aceite a la presión seguido de 6 a 2 y, al separarse los pistones de estos elementos, sube el vehículo sobre las ruedas. Al llegar a lo alto se mete un taco o polín bajo la carrocería, del lado que se quiere cambiar la rueda, y se pasa 9 a la posición baja; entonces en 5 se comunica 2 con el escape 6E, se vacían los elementos 2 y el peso del vehículo desciende a éste; pero como por el lado del polín no puede bajar, sube la rueda, "encoge la pata", quedando en el aire para permitir su recambio. Una vez efectuado se vuelve a levantar 9, sube el vehículo, se retira el taco y se coloca 9 en la posición media normal.

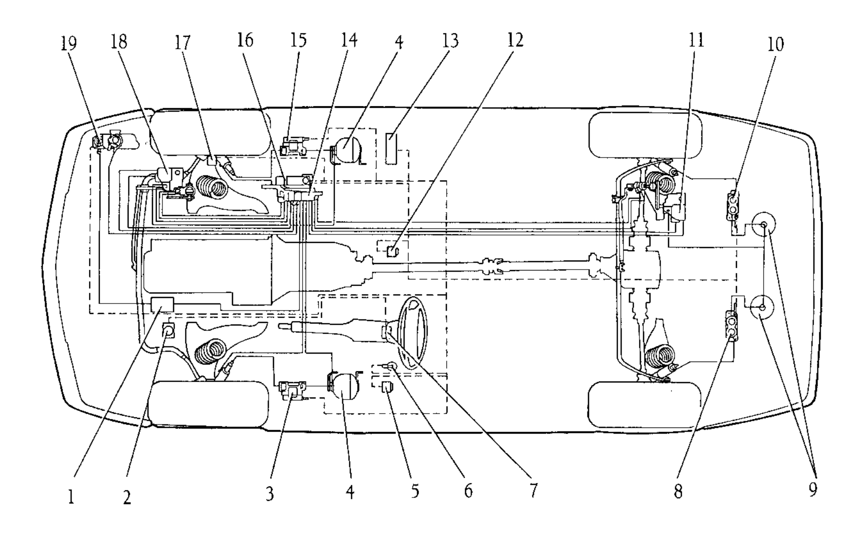
Existe además la posibilidad de dar tres niveles de altura al vehículo: el corriente para marcha normal; el alto para caminos malos en los que podría tropezar la caja con el suelo, y el bajo, en el que la carrocería y su centro de gravedad descienden lo más posible para circular a grandes velocidades por autopistas de pavimento muy liso, sin ondulaciones ni baches. Esta suspensión proporciona una sorprendente sensación de flotar firme, confortable y con gran estabilidad. A pesar de apenas notarse las desigualdades de la calzada, se siente el agarre con ésta.

En la suspensión *neumática pura* no hay líquido, sino aire. En todos los sistemas el principio es el mismo: el motor del vehículo mueve un compresor que aspira aire libre y lo almacena

a una determinada presión en un depósito; de aquí se lleva por tuberías a los fuelles o elementos de suspensión, uno por cada rueda. Los fuelles son cámaras metálicas cilíndricas llenas de aire a presión, en las que, por lo menos, una de las tapas es una membrana que puede entrar como la base U (Fig 4.44-2) lo hacía dentro del cuerpo R. Hay válvulas de reglaje para la presión y para la altura a que se quiere mantener el vehículo, pues puede hacerse que sea independiente de la carga. También hay válvulas para impedir que la carrocería se incline en las curvas.

3.3.5. Amortiguación adaptativa

En la figura 4.48 se reproduce la regulación y ajuste de nivel y sistema de amortiguación adaptativa, ADS modelo 129, de Mercedes Benz. El sistema de suspensión consta de



1. Bomba de aceite a presión.
2. Detector de aceleración, carrocería.
3. Válvula de amortiguación, eje delantero, izquierda.
4. Acumulador de fuerza elástica, delantero.
5. Interruptor, regulador de nivel.
6. Lámpara de control ADS, suspensión.
7. Sensor del ángulo de viraje.
8. Válvula de amortiguación, eje trasero, izquierda.
9. Acumulador de fuerza elástica, eje trasero, izquierdo.
10. Válvula de amortiguación, eje trasero, derecho.
11. Regulador de nivel, eje trasero.
12. Interruptor, conducción de confort/deportiva ADS.
13. Dispositivo de mando del sistema (ADS)-Suspensión.
14. Distribuidor.
15. Válvula de amortiguación, eje delantero, derecha.
16. Válvula de distribución.
17. Detector de aceleración, rueda.
18. Regulador de nivel, eje delantero.
19. Interruptor nivel de aceite de la regulación de nivel ADS.

Figura 4.48.

tres componentes:

- Regulación de nivel en los ejes delantero y trasero.
- Ajuste de nivelación manual y dependiente de la velocidad.
- Sistema de amortiguación adaptativa.

Estos componentes se encargan de que el vehículo, independientemente de su condición de carga, permanezca a nivel constante; del ascenso y descenso automático depen-

diente de la velocidad, o manual, del nivel del vehículo; y de la regulación de la fuerza de amortiguación con control electrónico. Las ventajas que proporciona son: baja posición del centro de gravedad; baja resistencia del aire; menor fuerza ascendente en el eje delantero; acomodación de la amortiguación a las condiciones de la vía y al modo de manejo; y, mayor seguridad y estabilidad.

El ajuste de nivel se realiza en tres escalones: nivel de vehículo normal, bajo y alto.

Las válvulas de amortiguación, conectadas al dispositivo electrónico de control, permiten ajustar cuatro diferentes niveles de fuerza de amortiguación: duro, normal, blando o confort. El tiempo de regulación extremadamente corto, 0,05 segundos, puede tener el nivel óptimo de fuerza de amortiguación en el caso de cambios repentinos de condiciones de conducción.

La incorporación de la electrónica y las distintas disposiciones de los elementos citados a lo largo del Capítulo, dan lugar a suspensiones que reciben distintos nombres de los fabricantes que las incorporan a sus productos.

3.4. Averías de la suspensión

No es fácil que se produzcan averías en estos órganos si se cuidan y engrasan debidamente y si el conductor conduce atento a las incidencias de la vía.

1. Un contratiempo posible es la rotura de una ballesta. Puede hacerse una reparación provisional, que permite continuar el viaje lentamente hasta el taller más próximo, levantando el bastidor con el gato y colocando un taco de madera o una serie de trozos de cubierta vieja entre el larguero y el eje, sujetándolos con alambre.

2. Una rotura en una hoja puede repararse provisionalmente "entablillándola" con un trozo de hoja o un desmontable de neumáticos que se liga fuertemente con alambre, del que conviene llevar siempre un rollito en la caja de herramientas.

3. Con el tiempo, a fuerza de cargar el vehículo, los muelles, sean ballestas, resortes o barras, ceden perdiendo "puntos" o arco las ballestas, acortándose los resortes o quedando retorcidas las barras. Si es en un solo lado, se nota en la inclinación de aquél; si en los dos, la carrocería bajará respecto al bastidor, y la suspensión se notará blanda.

Las ballestas semielípticas, si son del tipo arqueado (Fig. 4.7), se comprueban enseguida, porque a vehículo descargado la gemela S no está vertical, sino inclinada, a causa del desplome y consiguientes alargamientos de la ballesta.

Para recuperar la debida curvatura se debe llevar a un taller a que le den el "punto cedido".

Los resortes helicoidales son más difíciles de reparar; casi la única solución es reponerlos por otros nuevos. Las barras de torsión permiten fácilmente que se recobre la debida posición actuando en el tope de reglaje T (Fig. 4.16).

4. Si la suspensión se nota dura, y es de ballestas, lo probable es que estén oxidadas las hojas; deben desmontarse, lavarse en petróleo y montarlas bien untadas de grasa grafitada; pero si aun así no mejorase, deben examinarse:

a) Las puntas de las hojas por si estuvieran torcidas y rascaran en las vecinas.

b) Las hojas suplementarias A (Fig. 4.45), que pueden haberse montado al revés.

c) Los amortiguadores están averiados.

Con resortes o barras, lo probable es que sea avería de los amortiguadores si la suspensión se ha desmontado y vuelto a montarla mal.

5. Si la suspensión se nota blanda, con más rebotes y más amplios que de nueva, las causas pueden ser:

a) Avería de los amortiguadores.

b) Que los muelles han cedido y ha de darse "punto" a las ballestas, reponer los resortes o reglar las barras.

6. Si los amortiguadores de fricción pierden apriete, se desmontan para lavarlos en gasolina, reponer los discos si fuese necesario, y se montan con una estrella que haga buen muelle H (Fig. 4.21).

Los hidráulicos se prueban desmontando un extremo y haciéndolos funcionar a mano: si están bien, ofrecerán resistencia creciente y fuerte; pero si corren libremente es que les falta líquido (rellenarlos si llevan tapón para ello) o tienen válvulas interiores averiadas, o hay que reponerlos si, como ocurre en los tipos modernos, no admiten fácil desmontaje y reparación. Si muestran resistencia fuerte a moverse en todas las posiciones (se habrá notado dura la suspensión), es que se atoró el interior, y deben desmontarse para el arreglo o reposición.

3.5. Control Activo de la Suspensión. ABC

La marca Mercedes Benz fabrica para su modelo SL 500, el Control Activo para la Suspensión ABC, en serie. El sistema permite la adaptación de la suspensión de la carrocería a cada situación, proporcionando un excelente confort, además de seguridad. Se produce una reducción automática de nivel en los dos ejes del vehículo a altas velocidades (hasta 15 mm).

Se puede aumentar de forma manual el nivel del vehículo en dos etapas: +25 mm y +50 mm respectivamente, para circular sobre nieve o sobre calzada desiguales.

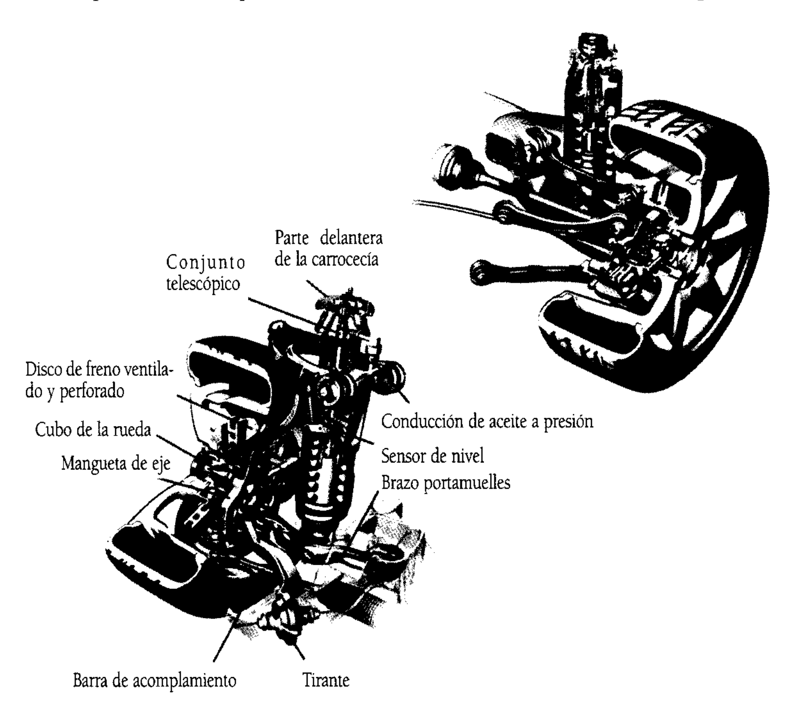


Figura 4.49.

Estructura del sistema ABC

Un amortiguador bitubo de gas instalado en paralelo con el muello y el cilindro, reduce las vibraciones de alta frecuencia de la rueda. Las vibraciones de baja frecuencia se disminuyen utilizando un cilindro hidráulico activo, que actúa reduciendo movimientos verticales, evitando el cabeceo al frenar y acelerar y, sobre todo, el balanceo en las curvas.

Los ejes delantero y trasero quedan de la forma de la figura 4.50.

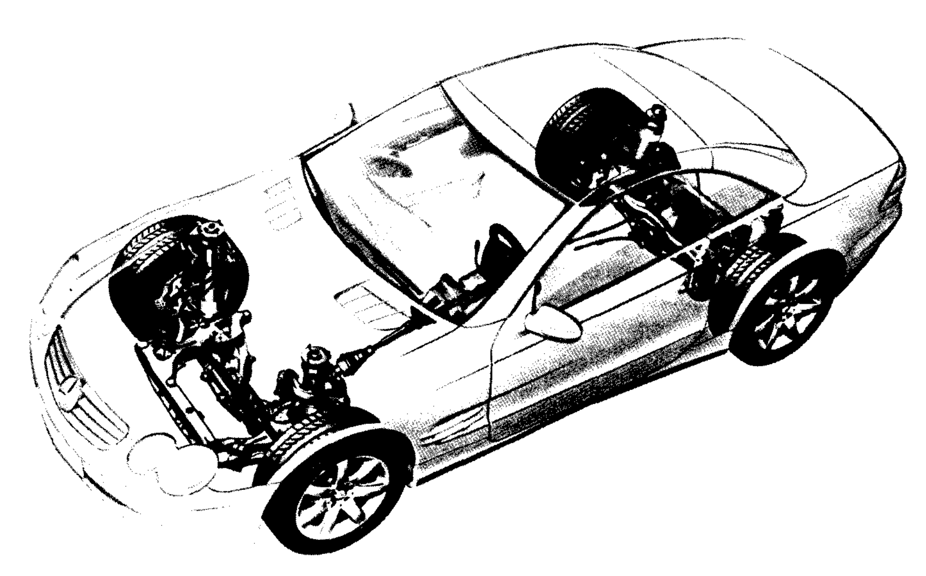
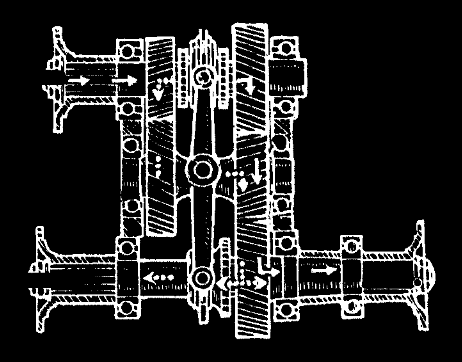


Figura 4.50.

- Brazos portamuellos transversales de acero como soportes para los conjuntos telescópicos.
- Tirantes de fundicion inyectada a aluminio en posición oblícua hacia delante.
- Brazos triangulares a nivel superior de los brazos inferiores delanteros. Brazo de acoplamiento.
- Conjunto telescópico y muelle en un solo elemento.
- Apoyo del eje delantero en un eje integral de aluminio.



Propulsión

1. INTRODUCCIÓN

El giro del motor llega, a través del embrague, cambio, diferencial y palieres hasta las ruedas, cuyas bandas de rodadura al adherirse al piso, sirven de punto de apoyo y las obligan a rodar. Este impulso, transmitido al chasis del vehículo, produce su desplazamiento. El sistema que realiza esta función, cuando las ruedas son traseras, se denomina *propulsión* y si lo son las delanteras, *tracción*. Recibe el nombre de *propulsión total*, el sistema en que todas las ruedas son motrices, de forma continuada u opcional.

2. PROPULSIÓN

El puente trasero "empuja" al vehículo por su enlace a la carrocería-bastidor.

Cuando el piñón de ataque comunica su rotación a la corona del diferencial, ésta ofrece una resistencia al giro que tiende a hacer rodar el primero sobre los dientes de la corona como si fuese a levantarse la parte delantera del vehículo, girando hacia atrás sobre el puente trasero. Esta "reacción" se percibe claramente en los arranques bruscos por el "encabritamiento" delantero.

El chasis debe estar organizado de forma que la reacción sea absorbida y el empuje debidamente transmitido. El procedimiento más sencillo y corriente es encomendar ambos cometidos a las ballestas posteriores (Fig. 5.1), que por delante se unen al bastidor con articulación sencilla C para que sirva de punto de apoyo por el cual el puente y las ballestas comunican su empuje al vehículo; la articulación trasera se hace por una gemela que permite las deformaciones longitudinales del muelle. El puente trasero se une rígidamente a las ballestas de modo que (Fig. 5.2), cuan-

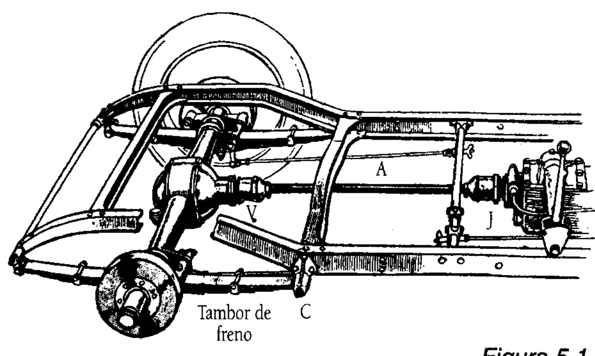


Figura 5.1.

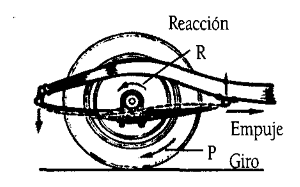


Figura 5.2.

do las ruedas giran según la flecha P, la reacción, que como fuerza resistente tiene sentido contrario R, tiende a retorcer las ballestas como indica la línea de puntos, levantando un poco el piñón de ataque; la deformación absorbe la citada reacción, pero obliga (Fig. 5.1) a colocar dos juntas universales en el árbol de transmisión: la V para permitir este levantamiento del piñón de ataque producido por la torsión de las ballestas y puente trasero, y la J a la salida del cambio en razón de las oscilaciones del puente trasero con el ballesteo. Para atenuar este retorcimiento, que tiende a levantar el vehículo de delante, es normal colocar el puente trasero adelantado respecto al centro de la ballesta, para hacer más rígido este tramo.

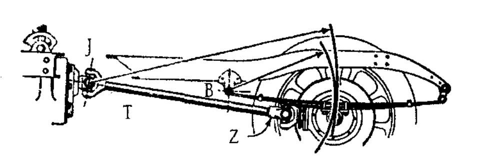


Figura 5.3.

Resulta, pues, que el puente trasero en el ballesteo de la marcha (Fig. 5.3), oscila alrededor de dos puntos distintos; por su unión a las ballestas gira alrededor de la articulación delantera de éstas B, y por enlace del árbol de transmisión T con la caja de cambios bascula con centro en la junta universal J. Por ello es indispensable dotar al árbol de transmisión de una junta deslizante Z que le permita acortarse y alargarse, colocada generalmente en la cardan Z de entrada al puente trasero, a no ser que las juntas J y V (Fig. 5.1) sean del tipo flexible, porque entonces su misma flexibilidad absorbe las variaciones de distancia resultantes.

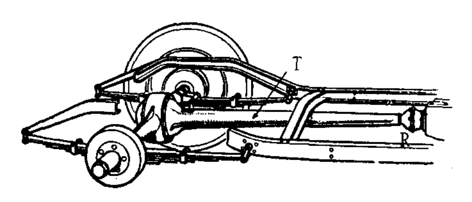


Figura 5.4.

También fue muy usado el procedimiento de transmitir el empuje y absorber la reacción por *tubo central*, sistema llamado otras veces de *puente basculante* (Fig. 5.4): las ballestas traseras llevan gemelas en ambos extremos, y, en vez de estar fijas al puente trasero, éste puede oscilar alrededor de ellas por unas bridas con muñoneras; el árbol de transmisión va recubierto por un tubo T, que forma parte del cárter del diferencial y se articula a la caja de cambios por una fuerte rótula R. La reacción tiende a levantar el tubo, cosa que impide la rótula R; el empuje se transmite por el tubo a la rótula, y por ésta al travesaño y bastidor. La doble gemela de las ballestas y su articulación al puente trasero permiten libertad de movimientos, quedando la suspensión libre de los esfuerzos de reacción y empuje. La transmisión sólo necesita una cardan, que se coloca dentro de la rótula R (Fig. 5.5).

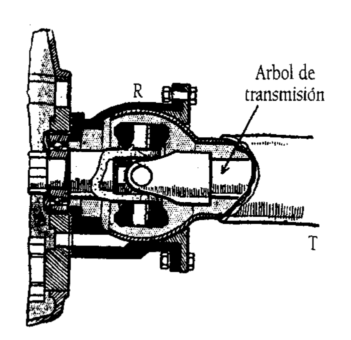


Figura 5.5.

En bastantes turismos y en camiones se hace uso de *bielas de empuje* B (Figs. 4.15 y 4.38) que transmiten directamente este esfuerzo desde el puente trasero al bastidor. Este es el caso de la figura 4.11: E es la biela de empuje al bastidor B.

Otras veces el empuje se transmite por una V (CD en la figura 5.10) para cada rueda.

Si la *suspensión es por ballesta transversal* (Fig. 5.6), así mismo se usa el miembro en V, tanto para el eje trasero como para el delantero, pues la unión con éste carece de la rigidez que proporcionan las ballestas semielípticas corrientes.

La reacción se puede contrarrestar especialmente por una *biela de reacción* (Fig. 5.7), que por su extremo ancho se fija al diferencial y por el *delantero termina en una rótula comprendida* entre dos resortes D encerrados en el tubo oscilante E que se articula en B a un travesaño C del bastidor. El esfuerzo de reacción se amortigua y contiene en los resortes D, según las flechas verticales de la figura.

Se comprende, que si esta biela de reacción se articula directamente con rótula en B al travesaño C, sirve también para comunicar el empuje quedando entonces libre de ambos esfuerzos la suspensión y la transmisión.

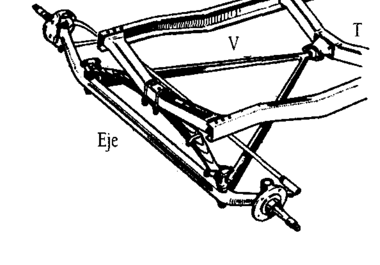


Figura 5.6.

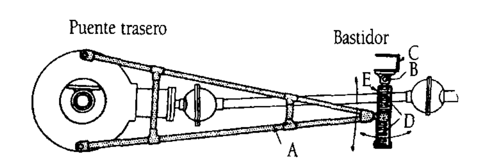


Figura 5.7.

2.1. Propulsión doble

Muchos camiones suelen tener el eje trasero doble para que la carga, que incide principalmente sobre él, sea soportada por cuatro ruedas, que si son gemelas, resultan realmente ocho.

A veces, la propulsión se hace por uno sólo de los ejes traseros, siendo el otro simplemente portador del peso; pero lo general es que los dos ejes traseros sean propulsores.

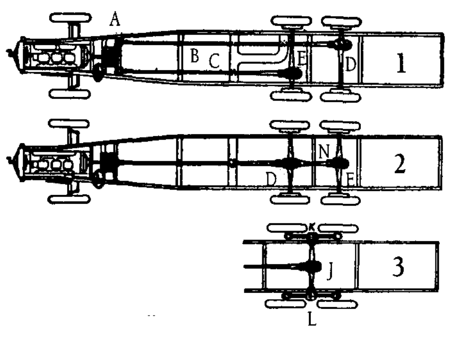


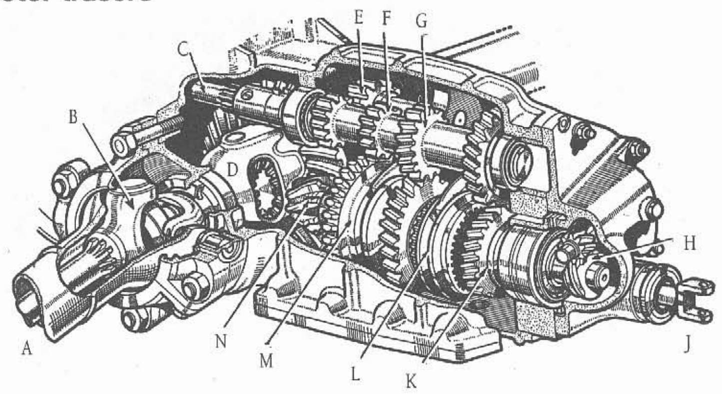
Figura 5.8.

El esfuerzo giratorio del motor se puede transmitir por alguno de los procedimientos señalados en la figura 5.8. En el 1, el secundario de la caja de cambios termina en un piñón que engrana con otros dos, uno a cada lado de aquél (mecanismo A); los cuales se hallan montados en los extremos de dos árboles de transmisión B y C, que por apoyos intermedios con juntas cardan, atacan a los dos puentes traseros D y E, independientes uno del otro, ambos provistos de su respectivo diferencial.

Otro sistema (2), el más frecuente, es que desde la corona del primer diferencial D, otro piñón, como el de ataque, comunica el movimiento al segundo eje E, también con su diferencial. Si la transmisión se hace por tornillo sin fin, el mismo árbol que mueve la corona de D se prolonga hasta alcanzar el E. El trozo intermedio N, en todos los casos, lleva una o dos juntas cardan.

Un tercer sistema (3) comunica el movimiento desde el único puente J a los mecanismos laterales K y L, que lo transmiten a cada rueda; pero este método requiere varios engranajes y es poco usado.

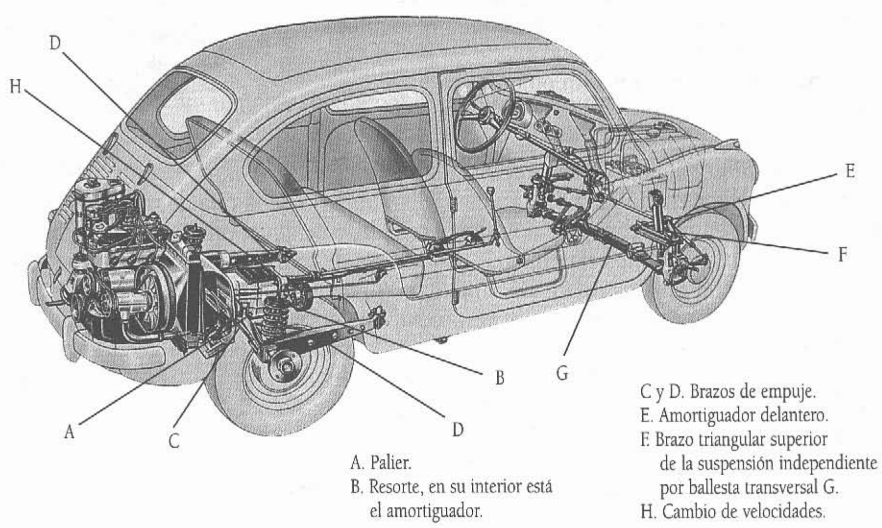
2.2. Motor trasero



A, palier a la rueda derecha.
B, junta cardan.
C, árbol que trae el giro desde el motor y embrague.
D, diferencial.
E, piñón de marcha atrás.
F, piñón de 1ª.
G y K, toma de movimiento para el velocímetro.
H, toma de movimiento para el velocímetro.
J, mando de los desplazables.
L, desplazable de 3ª (hacia atrás) y 2ª (hacia delante).
M, desplazable de 1ª engrane con F) y de MA (engrane con E).

Figura 5.9.

Algunos pequeños automóviles (Fiat-Seat 600, Renault 8 y Dauphine, Simca 1000, Volkswagen, etc.) llevan el motor colocado en la parte trasera del bastidor, dejando despejada la parte delantera para ampliación de la carrocería. El conjunto motor-embrague-cambio-diferencial forma un bloque como el de la figura 5.9, que puede servir también para el caso de tracción delantera, y el mando del embrague y del cambio de velocidades se hace



A. Palier.
B. Resorte, en su interior está el amortiguador.
C y D. Brazos de empuje.
E. Amortiguador delantero.
F. Brazo triangular superior de la suspensión independiente por ballesta transversal G.
H. Cambio de velocidades.

Figura 5.10.

con largas varillas desde el asiento del conductor. En la figura 5.10 se presenta un caso típico y popular de motor trasero, correspondiente al Seat 600.

Acerca de la influencia que sobre la estabilidad de la marcha ejerce la colocación del motor delante o detrás del vehículo, véase lo que se dice en el capítulo "Neumáticos" sobre la estabilidad.

3. TRACCIÓN

Siempre hubo intentos de obtener el movimiento del automóvil haciendo que las ruedas delanteras fuesen motrices a la vez que directrices, es decir, que en lugar de propulsión desde atrás resulte una tracción desde delante. Las dificultades de orden técnico han podido vencerse gracias a las juntas universales homocinéticas, y en la actualidad la mayoría de los vehículos de turismo utilizan esta disposición.

La figura 5.11 señala las diferencias de organización entre un vehículo A de propulsión trasera, y otro B de tracción delantera: en éste, todo el grupo motor-transmisión forma un bloque compacto que deja libre la parte inferior de la carrocería, la cual puede rebajarse hasta el nivel de los estribos, éstos pueden suprimirse, y el piso inferior será plano, sin tener que acudir a los molestos tabiques centrales en puentes que se colocan en algunos automóviles, de propulsión trasera, para dejar paso por la parte inferior al árbol de transmisión.

El vehículo resulta más bajo, desciende su centro de gravedad y, por tanto, resulta más estable.

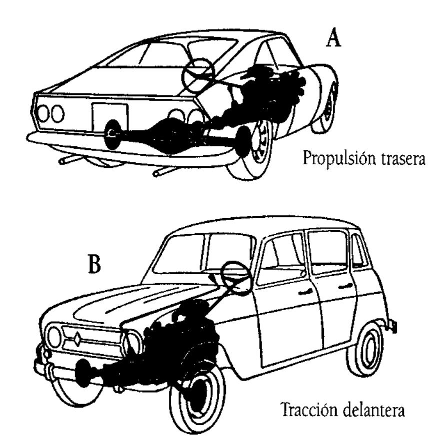


Figura 5.11.

En automóviles de propulsión trasera (Fig. 5.12-1) el esfuerzo de empuje se aplica desde atrás, y en las curvas el vehículo se apoya sobre la adherencia transversal de los bandajes delanteros para ser dirigidos, mientras que

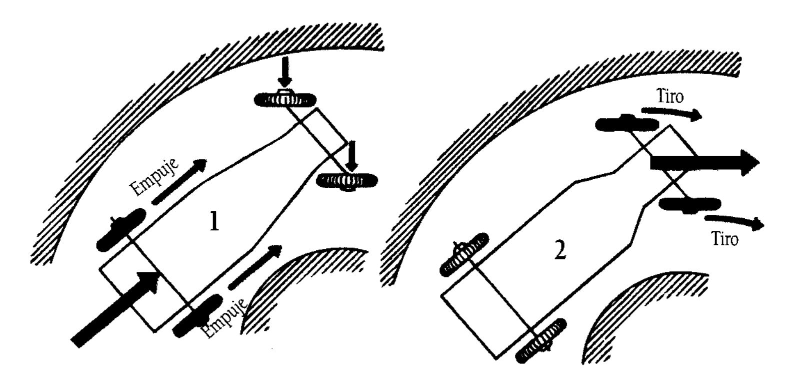


Figura 5.12.

con la tracción delantera (2) el arrastre lo efectúan las ruedas de delante, ya orientadas en el sentido de la curva; es decir, sin recurrir a la citada adherencia transversal. Se comprende que las curvas se puedan tomar a mayor velocidad y siempre con más seguridad con la tracción delantera, y que en caso de meterse las ruedas encarriladas en un camino se saca el vehículo más fácil y con mayor seguridad que si fuese de propulsión trasera. Estas son las características y ventajas principales del sistema.

El bloque motor-transmisión adopta la forma y disposición de las figuras 5.9 y 4.29, o parecidas; los frenos de las ruedas delanteras pueden montarse a la salida del diferencial, descargando a las ruedas de su peso y disminuyendo, por tanto, el peso no suspendido, cosa siempre beneficiosa.

4. PROPULSIÓN TOTAL

Consiste en hacer motrices todas las ruedas, delanteras y traseras. El mecanismo está constituido por los elementos de una propulsión trasera o una tracción delantera a los que se añade una tracción o una propulsión. Así, todos los bandajes de apoyo del vehículo "agarran" al suelo para aprovechar su adherencia en la transmisión del esfuerzo motriz. Por tal razón estos vehículo también se llaman de "adherencia total", y tienen, naturalmente, más capacidad para subir pendientes; pero la ventaja principal es apreciable sobre todo en malos caminos, puesto que todas las ruedas agarran y trepan y, además, como las delanteras tienen propulsión autónoma ya no resultan empujadas por las traseras, con lo cual se disminuye notablemente la resistencia al avance.

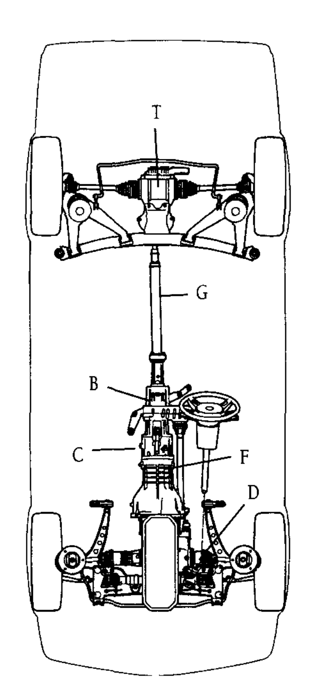


Figura 5.13.

El mecanismo, en general, consta (Fig. 5.13) de una caja de cambios corriente C a cuya salida lleva el giro motor al *reenvío* B, desde el cual parten los dos árboles F y G que mueven los ejes delanteros D y trasero T, ambos provistos de diferencial en la forma ya expuesta al hablar de la propulsión trasera y tracción delantera.

El delantero D es un puente análogo al trasero, pero con su diferencial hacia un lado para que el árbol F pase por debajo y a un costado del bloque motor, sin tropezar con él. En los extremos del puente D los palieres llevan juntas homocinéticas, puesto que las ruedas son también directrices.

Otra disposición del reenvío, caja de transferencia o transfer es la de la figura 5.14.

Los vehículos dotados de propulsión total se pueden agrupar en dos bloques: transmisión permanente a un eje y por accionamiento manual al otro (4 x 2), y transmisión permanente a las cuatro ruedas (4 x 4).

4.1. Propulsión total opcional

El reenvío B permite desacoplar el eje delantero del esfuerzo motor, para que sobre buenas calzadas el vehículo circule como uno de propulsión trasera, y al mismo tiempo está dotado de un engranaje reductor que, cuando se hacen funcionar todas las ruedas como motrices, rebaja las veloci-

dades proporcionadas por la caja de cambios C. De este modo el vehículo dispone de un juego de marchas más reducidas, lo cual es muy conveniente para fuertes pendientes y malos caminos, con lo que las ventajas de la adherencia total se aprovechan al máximo.

El mecanismo de reenvío (Fig. 5.15) consiste en cinco piñones, de los cuales los 1 y 2 están montados locos sobre el extremo del árbol A que viene de la caja de cambios principal; los 3 y 4 forman parte de un eje intermediario, y el 5 es el extremo del árbol G que comunica con las ruedas traseras. El árbol F de las delanteras termina apoyándose en un cojinete de bolas inserto en un hueco central del piñón 5, y por tanto, es independiente de éste y de G.

Figura 5.14.

Sobre el eje A, entre los piñones 1 y 2, puede moverse un desplazable Q que engrana por dientes interiores bien con el 1 o con el 2; este desplazable está enlazado por medio de la palanca P con otro R, que en el extremo de F, puede o no engranar con el piñón 5. La palanca P bascula alrededor de su punto de apoyo K situado a la altura del intermediario.

Figura 5.15.

Cuando el vehículo circulo con sólo propulsión trasera, el desplazable Q engrana con 2, y el R, por lo tanto, está libre. El giro que llega desde el cambio sigue las flechas llenas: piñón 2, su intermediario, piñón 5 y árbol G. Como R está desengranado de 5, no pasa fuerza motriz al árbol delantero F. Si el conductor desea la propulsión total, maniobra desde fuera la palanca P: engrana Q con 1, y R con 5, entonces el movimiento del motor, flechas de puntos, pasa por 1 al intermediario izquierdo (el grande, y por tanto, se reduce el giro) y de éste sigue por el pequeño 4 al piñón 5, que como está engranado con R transmite el giro a los dos árboles G y F.

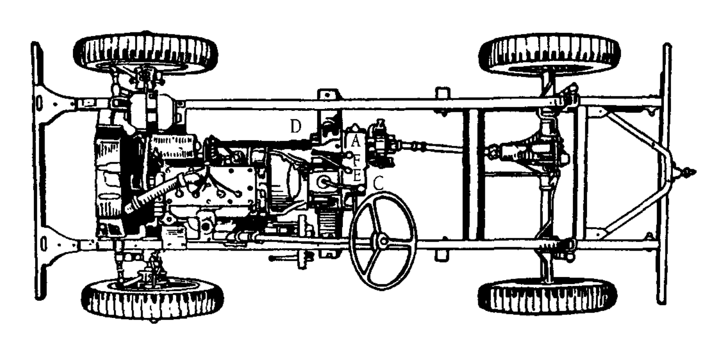


Figura 5.16.

Se completa el poder trepador de estos vehículos dotándoles de un dispositivo que a voluntad enclave los diferenciales, del tipo explicado anteriormente al tratar de los diferenciales controlados (Fig. 3.16).

En la figura 5.16 se representa el chasis del popular Jeep americano, pequeño vehículo con soluciones mecánicas clásicas, pero de notables eficiencia y capacidad de maniobra.

Desde el motor, montado sobre tres puntos elásticos, se comunica el giro a las ruedas mediante una transmisión compuesta de embrague de disco único en seco y un cambio de tres marchas adelante y una atrás. A un costado de éste se haya el reductor A, que proporciona un segundo juego de marchas la mitad más reducidas que las normales. En la figura se observa como el bloque motor se encuentra desplazado hacia la izquierda del chasis, con objeto de que desde el reductor llegue el árbol de transmisión D al eje delantero sin tropezar con el cárter.

Al lado de la palanca C del cambio normal están las dos E y F del reductor: la F es para poner la combinación "directa" o la "reducida", y la E tiene por objeto hacer o no motrices las ruedas delanteras, a voluntad del conductor y según el estado y pendiente del camino. El mecanismo es análogo al descrito en la figura 5.15, con la diferencia de que aquí no existe la palanca P que enlaza los desplazables Q y R, sino que cada uno de éstos tiene mando independiente por las palancas exteriores E y F de la figura 5.16.

De esta manera el vehículo puede marchar sobre carretera con sólo propulsión trasera y a la velocidad de un automóvil convencional. Cuando la carga y la pendiente aumentan, el reductor proporciona otra gama de tres marchas adelante más reducidas y con gran aprovechamiento de la potencia máxima del motor, y cuando dichos factores alcanzan valores extraordinarios o el piso es malo o resbaladizo, el reenvío permite añadir la tracción delantera, con aprovechamiento total de la adherencia del vehículo.

El puente trasero, rígido, es del tipo semiflotante, en tanto que el delantero, también rígido, es todo flotante, y ambos poseen diferenciales idénticos. Las juntas homocinéticas necesarias para la tracción delantera son del tipo Béndix-Weiss o Rzeppa, y están colocadas, como siempre, en el eje de giro de los pivotes de la dirección envueltas en rótulas esféricas que las protegen del polvo y barro exteriores.

Inspirados en el Jeep (de la casa Willys) han aparecido vehículos análogos para usos militares y civiles, algunos con suspensión independiente, posibilidad de enclavar los diferenciales y otros perfeccionamientos.

Normalmente la palanca de mando de la caja de transferencia posibilita cuatro funciones: alta velocidad con dos ruedas motrices (2H), alta velocidad con cuatro ruedas motrices (4H), baja velocidad con cuatro ruedas motrices (4L) y posición neutral (N).

4.2. Propulsión total continuada

Recientemente se ha incorporado la tracción total a los turismos, en general a los de gran potencia y con prestaciones deportivas; sin embargo cabe destacar la aplicación de la misma a pequeños utilitarios, mediante soluciones sencillas y económicas que dan excelentes resultados.

En la figura 5.17 se observa el reenvío VG 1400-3W, Mercedes Benz, de constitución similar a la expuesta en la 5.15. Las barras de mando 3 y 34, que actúan sobre las horquillas 5 y 31, son accionadas neumáticamente. En el detalle 1 las ruedas dentadas 38 y 13, montadas locas sobre el árbol de entrada 12, no reciben su giro ni éste es transmitido a los árboles de salida 19 y 20; es la posición "neutral". En el detalle 2, posición de marcha para carretera, los desplazables 4 y 25, facilitan el engranaje de las ruedas dentadas 38, izquier-



1. Brida de acoplamiento.
2. Empalme de aire comprimido.
3. Barra de mando (marchas para carretera y terrenos).
4. Corona desplazable.
5. Horquilla de mando.
6. Muelle recuperador.
7. Brida intermedia.
8. Embolo de mando.
9. Cilindro de mando.
10. Tapón roscado.
11. Tubo de conducción de aceite.
12. Arbol de entrada de fuerza.
13. Rueda dentada (marcha para terreno).
14. Rodamiento de rodillos cónicos.
15. Tapa del cárter del reenvío.
16. Arbol intermedio.
17. Anillo obturador radial para el eje.
18. Brida de salida de fuerza (eje trasero).
19. Corona de dentado interior (árbol de salida de fuerza al eje trasero).
20. Planeta (árbol de salida de fuerza al eje delantero).
21. Satélite.
22. Portasatélites.
23. Rueda dentada de accionamiento del juego de satélites).
24. Cárter del reenvío.
25. Corona desplazable (bloqueador de diferencial).
26. Tapa de mando.
27. Rueda de accionamiento (tacómetro).
28. Tapa del cárter del reenvío (accionamiento del tacómetro).
29. Brida de salida de fuerza (al eje delantero).
30. Piñón inducido (tacómetro).
31. Horquilla de mando.
32. Interruptor de presión.
33. Empalme de aire comprimido.
34. Barra de mando.
35. Respiradero.
36. Tornillo hexagonal.
37. Tonillo de dilatación.
38. Rueda dentada (marcha para carretera).

Figura 5.17.

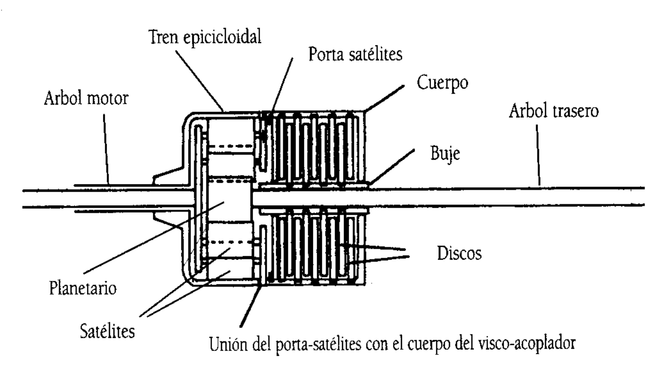


Figura 5.18.

da del árbol intermediario 16, y 23 y, a través del engranaje planetario 20, 21 y 22 y los rodamientos de rodillos cónicos, transmiten el giro del árbol de entrada 12 a los de salida adelante 20 (brida 29) y al eje trasero a través de las bridas 18; la distribución del par motor es de 1:3,2 entre los ejes delantero y trasero. En el detalle 3 son la rueda dentada 13 y la derecha del árbol intermediario 16, las que transmiten el giro a los árboles de salida (ejes delantero y trasero), siendo la distribución del par motor igual a la del detalle 2; es la marcha para todo terreno. En el detalle 4, marcha para todo terreno reducida, la distribución del par motor entre los ejes delantero y trasero es de 1:1.

Algunos vehículos modernos sustituyen la caja de reenvío por un "viscoacoplador", instalado a la salida de la caja de velocidades con interposición de un tren o engranaje epicicloidal. Su cometido es el de impedir el "embalado" de un árbol de salida con respecto al otro, permitiendo un movimiento relativo entre ellos y asegurando un reparto del par motor que complementa al que proporciona el tren epicicloidal. Su disposición es similar a la de un embrague de discos múltiples (Fig. 5.18); los discos van unos solidarios al cuerpo del viscoacoplador y otros al árbol de salida a través de un buje, estando taladrados o ranurados, e interponiéndose entre ellos aceite-silicona con un bajo volumen de aire; así dispuestos, los primeros giran a igual velocidad que las ruedas delanteras y los segundos a la de las traseras. La diferencia de velocidad entre unos y otros provoca el calentamiento del aceite, su dilatación y el aumento de presión en el sistema, dando lugar a su acoplamiento progresivo.



Capítulo 6

La Dirección

Nuestro agradecimiento TRABAZOLA S.A.

1. GENERALIDADES

Para variar de dirección al circular se cambia la orientación de las ruedas delanteras. En los carros es todo el eje el que se hace girar alrededor de un ancho pivote central; pero con las velocidades de los automóviles no es posible tal solución, porque el gran brazo de palanca que resultaría para cada rueda obligaría a esfuerzos en la dirección, que resultaría sumamente pesada, y además la caja del vehículo tendría tan poca base de apoyo delante para resistir la fuerza centrífuga que lo volcaría en las curvas. Por tales razones se fija el eje delantero al bastidor (Fig. 6.1) y cada rueda A y B se monta sobre los extremos orientables de aquél, llamados *manguetas*, sobre los cuales giran las ruedas locas, libremente.

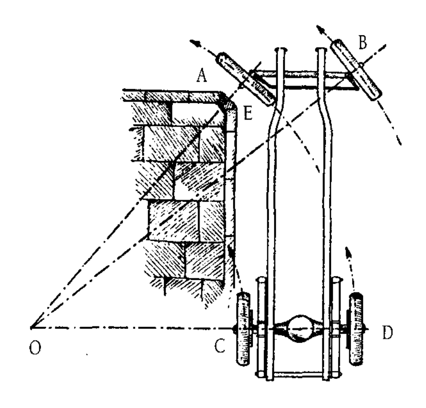


Figura 6.1.

El mecanismo de la dirección ha de cumplir el requisito de llevar ambas ruedas debidamente orientadas sobre sus trayectorias curvas, pues por ser menor el radio OA descrito por la rueda interior que el OB de la exterior, la primera tiene que abrirse más que la segunda, debiendo estar en el centro O de los arcos descritos por las ruedas delanteras sobre la prolongación del eje trasero CD. Las ruedas traseras C y D se adaptan a la diferencia de recorrido en las curvas gracias al diferencial; pero como permanecen siempre paralelas entre sí, resbalan un poco sobre su trayectoria, ya que no pueden abrirse una más que la otra; por esta razón, con los modernos neumáticos anchos que dan amplia base de apoyo, las cubiertas "cantan" en los virajes cerrados tomados deprisa; y si el piso está resbaladizo se puede iniciar el patinazo por disminución de la adherencia en ese momento, cosa que delante no debe suceder y se previene mejor por abrirse A más que B como se dijo; la adherencia de estas ruedas debe ser la máxima posible, ya que se apoya en ellas (como se vió en la figura 5.12-1)

el impulso del vehículo para virar. Sobre la figura 6.1 se ve que, en las curvas, las ruedas traseras quedan siempre hacia su interior, por lo que si E es la esquina de una acera que las ruedas delanteras pasan muy ceñidas, las traseras montarán sobre el bordillo.

El conjunto de mecanismos que se encargan de convertir el giro del volante de la dirección que hace el conductor, en giro angular de las ruedas constituyen los elementos de la dirección. Para que el automóvil trace la trayectoria fijada por el conductor de la forma más óptima posible el conjunto de piezas que forman el eje delantero incluidas las ruedas, han de reunir una serie de condiciones que hace que la dirección sea uno de los sistemas más sofisticados del automóvil, interviniendo una serie de reglajes que complican su diseño.

El **volante**, con un diámetro apropiado es manejado por el conductor y su diámetro no se debe alterar, pues está en función del esfuerzo que hay que hacer en los giros, disminuir su tamaño puede ser "deportivo" pero no conveniente.

Se une a la **columna de la cirección**, dividida en varias secciones unidas por articulaciones del tipo "cardan", para que en caso de accidente el volante no perjudique al conductor, al chocar con el tórax, se dobla hacia un lado.

La columna termina en la **caja de la dirección**, que transforma el movimiento rotativo de aquella en movimiento longitudinal de un brazo de mando, situado en la salida de la caja, provoca una **desmultiplicación** en el giro de las ruedas, es decir que si el volante gira una vuelta, 360°, las ruedas viran un ángulo mucho menor, la desmultiplicación suele ser de 1/24, en el ejemplo 360°/24.

Se encarga además de proporcionar cierta **progresividad** en los giros, haciendo que cuanto más gire el volante más viren las ruedas, de forma que si el volante gira 60° y las ruedas viran un ángulo de 3°, en los siguientes 60° que se gire el volante las ruedas virarán más de los 3° anteriores, cada vez más, esta cualidad favorece los giros cerrados en las curvas y se consigue dando un **perfil** adecuado al husillo de la caja de dirección.

La caja de la dirección proporciona además la cualidad de **dirección irreversible**, los movimientos de volante hacia ruedas son transmitidos con facilidad, pero las oscilaciones de las ruedas no tienen repercusión en el volante, gracias a éste mecanismo. Existen otros mecanismos distintos que ayudan a producir éste efecto.

Hay dos sistemas de transmisión dentro de la caja de la dirección, después se analizan con mas detalle: sistema de **tornillo sin fin** en cuya muesca seguida se introduce un dedo que se desplaza longitudinalmente sobre el paso de rosca del tornillo cuando gira, el sistema está engrasado sumergido en aceite. El tornillo sin fin puede sustituirse por un husillo de paso de rosca trapezoidal sobre el que se desplaza un dedo de la misma forma anterior.

El segundo sistema es el de **cremallera**. La columna de la dirección termina en un piñón de dientes oblicuos que se desplaza sobre la barra de acoplamiento en la que se ha practicado una cremallera o corredera a la que desplaza de forma transversal hacia un lado o hacia otro. La barra de acoplamiento es regulable en longitud por medio de dos bieletas que roscan en ella y que por medio de rótulas van unidas a los brazos de acoplamiento que hacen girar las manguetas sobre las que giran las ruedas. Todo el sistema requiere una serie de cualidades o cotas que mas adelante describiremos.

2. CON TREN RÍGIDO

El eje delantero E (Fig. 6.2) suele terminar en unas horquillas H que abrazan la articulación del *pivote* alrededor del cual giran y son orientadas las manguetas M, sobre las que giran locas las ruedas delanteras mediante cojinetes de bolas o rodillos. Ambas manguetas están

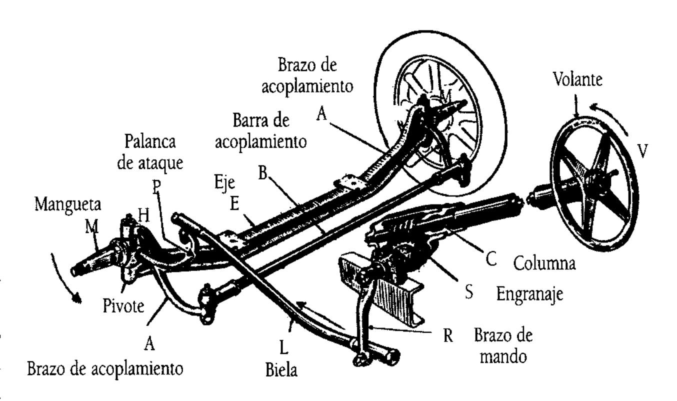


Figura 6.2.

enlazadas entre sí, para que la orientación de cada rueda cumpla la condición impuesta de ceñirla a su respectiva trayectoria, por medio de sus *brazos de acoplamiento* A, sobre cuyos extremos se articula la *barra de acoplamiento* B. Las dimensiones de los brazos A y barra B están calculados para que al orientarse una rueda la otra venga obligada a seguir con suficiente exactitud la trayectoria que resulte por el cambio de dirección impuesto al vehículo. Resulta, pues, que basta mover una rueda, o un brazo, o la barra de acoplamiento para obtener la correcta dirección del vehículo; para ello, por ejemplo, si el conductor quiere virar a la izquierda, gira en este sentido el *volante de la dirección* V, unido a la *columna de la dirección* C, en cuyo extremo inferior, y dentro de un cárter con lubricante, va un tornillo sin fin engranado con el *sector dentado* S; al girar a izquierdas el tornillo, el sector sube, girando su eje, al que va fijo el *brazo de mando* R (o brazo Pitman) que se moverá hacia delante empujando la *biela* L, la cual a su vez actúa sobre la *palanca de ataque* P, unida a una de las manguetas, que orientará a la izquierda su rueda. Por el enlace de los brazos A y barra de acoplamiento B, la otra rueda se orientará en la forma correspondiente, también a izquierdas.

Como puede apreciarse, el mando de la dirección consiste en hacer mover la barra de acoplamiento B a uno u otro lado para que viren las ruedas; por tanto, la organización de engranaje S y mando R-L-H puede ofrecer variantes. La que señala la figura 6.2 es la que más se ha usado y aun se hace en automóviles con eje delantero E rígido y se caracteriza por el movimiento longitudinal de la biela L, adelante y atrás. Pero hay otra disposición tan empleada como ésta en la que el movimiento es transversal, como para el caso de suspensión independiente se explicará sobre la figura 6.5.

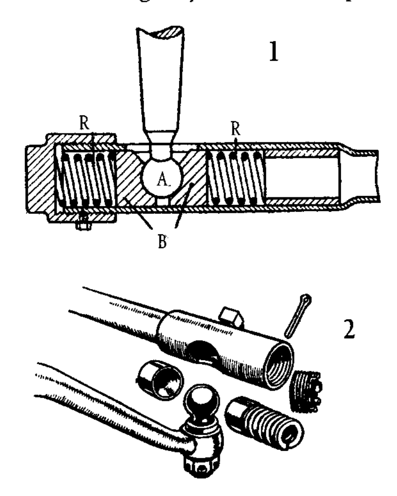


Figura 6.3.

El volante y mecanismo que manda la dirección se puede colocar a la izquierda o a la derecha del vehículo. Generalmente se conviene en que el conductor debe sentarse al lado interior de la carretera para ver mejor la calzada en los adelantamientos y cruces, y por ello en los países en que se conduce por la derecha se montan los automóviles con el volante a la izquierda; mientras que en los pocos en que se lleva a la mano izquierda se coloca a la derecha.

El cárter del engranaje S de la dirección (Fig. 6.2) se fija al bastidor, respecto al cual resulta estable la posición del brazo de mando R, mientras que

la palanca de ataque P sigue las oscilaciones que el ballesteo imprime al eje delantero, el cual se acerca o aleja del bastidor según se compriman o distiendan las ballestas; por ello la biela L, que une ambas piezas, debe estar enlazada elásticamente por uno o los dos extremos para permitir estas variaciones de distancia. Estas articulaciones elásticas están formadas (Fig. 6.3-1) por una rótula A comprendida entre dos cojinetes esféricos B que la oprimen por la acción de los resortes R: las compresiones o extensiones resultantes a la biela por el acercamiento o alejamiento citados son absorbidos por los resortes R, los cuales, a la vez, amortiguan los choques y trepidaciones que las desigualdades del piso comunican al mecanismo de la dirección. En el detalle 2 se muestra despiezada una articulación de esta clase, con un solo resorte amortiguador.

3. CON SUSPENSIÓN INDEPENDIENTE

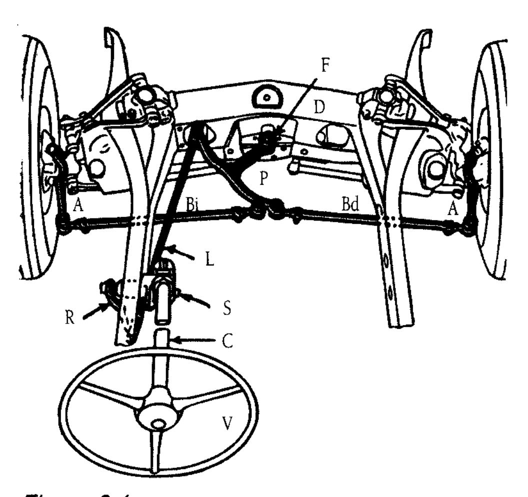


Figura 6.4.

Cuando hay suspensión independiente para cada rueda delantera, como la separación entre éstas varía un poco al salvar las desigualdades de la vía, generalmente la palanca de ataque P (Fig. 6.4) gira sobre un punto fijo F del travesaño delantero D, para mandar la biela de acoplamiento articulada entre dos mitades Bi y Bd: así las ruedas, al subir y bajar sin reaccionar la una en la otra gracias a la suspensión independiente también suben y bajan sus respectivos brazos A sin que el movimiento de uno repercuta en el otro, gracias a la articulación puesta a la barra de acoplamiento. El resto de las letras señala los mismos elementos que en la figura anterior: V, volante; C, columna; S, engranaje, y R, brazo de mando de la biela longitudinal L.

Otro tipo de dirección también bastante usado (Fig. 6.5) es con la barra de acoplamiento dividida en tres partes 1, 2 y 3. El engranaje S hace mover transversalmente el brazo R que manda el acoplamiento, a su vez apoyado por la palanca oscilante O en la articulación F sobre el bastidor. Las letras V, C y A señalan los mismos elementos que en el dibujo anterior.

4. ENGRANAJE DE LA DIRECCIÓN

El engranaje que por la columna de la dirección mueve el brazo de mando es, en la figura 6.2 de *tornillo y sector* dentado; puede ser éste completo, formando rueda, como se aprecia en la figura 6.6, correspondiente al caso de biela transversal, por lo que la rueda dentada se coloca a un costado de la columna en vez de debajo.

En el sistema Ross, de *palanca y leva* (Fig. 6.7) termina la columna de la dirección con un husillo en cuya ranura helicoidal se introduce el dedo cónico de la palanca que mueve

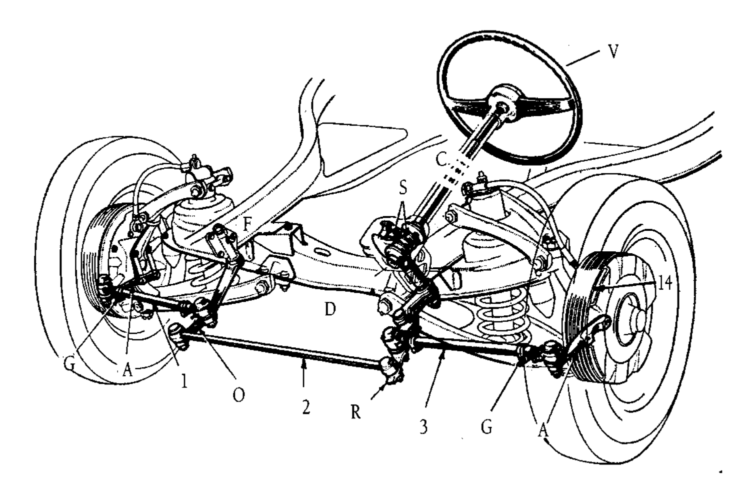


Figura 6.5.

el brazo de mando. En éste, como en los demás sistemas, todas las piezas se apoyan en cojinetes de bolas o rodillos visibles en la figura, que hacen suave el movimiento.

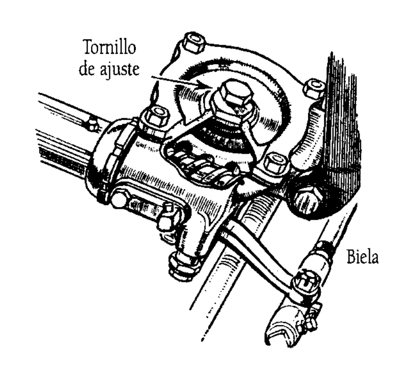


Figura 6.6.

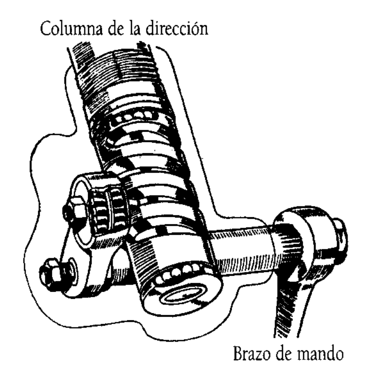


Figura 6.7.

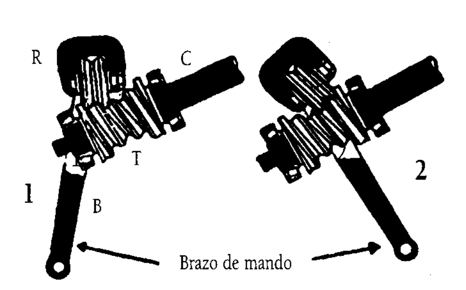
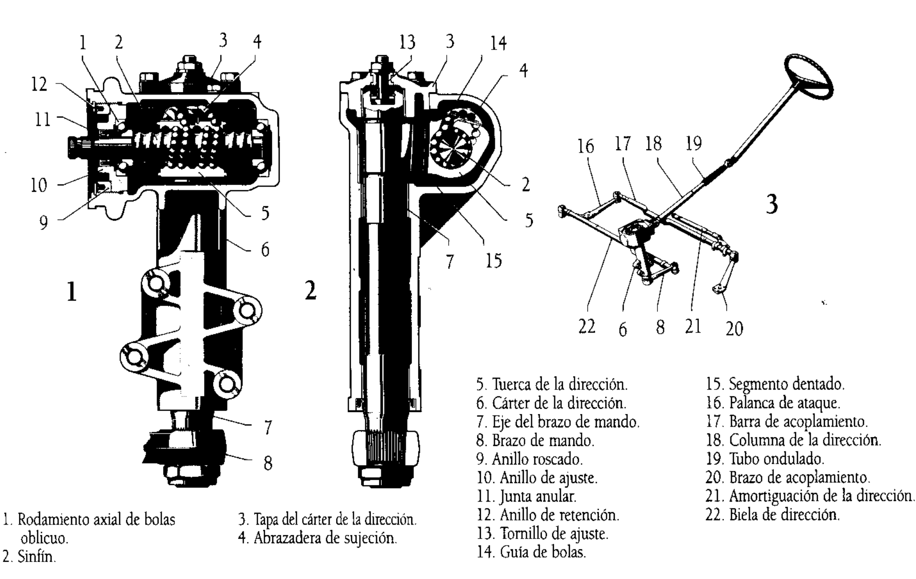


Figura 6.8.

En el procedimiento de *tornillo y rodillo* (Fig. 6.8), la columna C de la dirección lleva un tornillo T sobre el que rueda, engranando en su estría y siempre en contacto, un rodillo R que forma parte del brazo de mando B; como el rodillo, en su movimiento, bascula según un arco, el cuerpo del tornillo es más estrecho en su parte media para ajustar siempre el contacto con el rodillo. La figura 6.5 representa este sistema aplicado a una suspensión independiente de mando transversal.

En la figura 6.9, se dibuja una dirección Mercedes Benz, de *bolas circulantes y segmento dentado*. El giro del tornillo sinfín 2, al desplazar a la tuerca 5 fuerza a oscilar al segmento dentado 15 y con él al eje 7 del brazo de mando 8. Para reducir el esfuerzo se interpone entre el sinfín y la tuerca una línea de bolas que convierten el roce en rodadura; las bolas circulan por la espiral estableciendo un circuito cerrado por la guía 14. En los dibujos 1 y 2 se muestran cortes longitudinales del engranaje y en la 3 el conjunto del mando de la dirección, en el que el giro del brazo de mando es transversal, y a la que se ha dotado de un amortiguador 21.



1. Rodamiento axial de bolas oblicuo.
2. Sinfín.
3. Tapa del cárter de la dirección.
4. Abrazadera de sujeción.
5. Tuerca de la dirección.
6. Cárter de la dirección.
7. Eje del brazo de mando.
8. Brazo de mando.
9. Anillo roscado.
10. Anillo de ajuste.
11. Junta anular.
12. Anillo de retención.
13. Tornillo de ajuste.
14. Guía de bolas.
15. Segmento dentado.
16. Palanca de ataque.
17. Barra de acoplamiento.
18. Columna de la dirección.
19. Tubo ondulado.
20. Brazo de acoplamiento.
21. Amortiguación de la dirección.
22. Biela de dirección.

Figura 6.9.

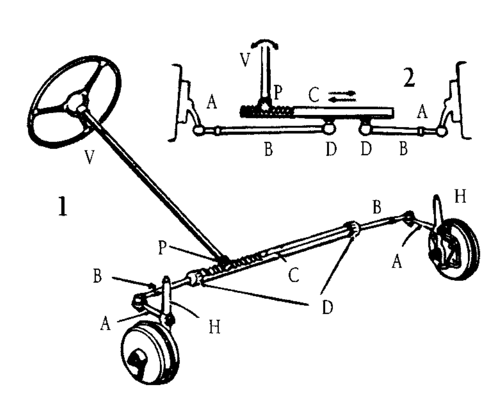


Figura 6.10.

Un procedimiento de mandar transversalmente la dirección es por *cremallera* C (Fig. 6.10-1): la columna V termina en un piñón P que, al girar, desplaza a derecha o izquierda la barra cremallera C que mueve las dos partes BB de la barra de acoplamiento; se representa el caso de aplicación a ruedas independientes, las cuales giran los brazos A viradores de las ruedas, que giran sobre sus pivotes H. La barra cremallera se articula a ambas partes B, de la barra de acoplamiento, mediante las rótulas D. Otras veces (dibujo 2) las barras BB son más largas y se articulan casi juntas en la cremallera C.

Dirección en doble eje delantero.

Los grandes camiones que, además de doble eje trasero, tienen dos ejes delanteros A y B (Fig. 6.11), llevan las direcciones de ambos combinadas para que las cuatro ruedas guíen el vehículo. El volante V manda por el brazo R dos bielas: la L que acciona el primer eje A con su barra de acoplamiento D, y la X *que enlaza con la S del segundo eje B con su* barra de acoplamiento T. La unión entre X y S va colgada de la articulación Y en el bastidor. De esta forma, los movimientos de giro en las ruedas de ambos ejes quedan perfectamente coordinados.

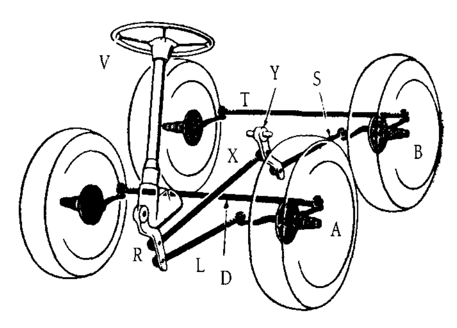


Figura 6.11.

La caja de la dirección realiza, además la importante función de desmultiplicar, de acuerdo con la relación existente entre los dientes del tornillo y la rueda o segmento dentado, o de los del piñón y cremallera. La relación de desmultiplicación está determinada por el ángulo descrito por el volante y el obtenido en las ruedas, oscila entre 12:1 y 24:1.

5. DIRECCIÓN ASISTIDA

El uso de neumáticos cada vez de más sección con bajas presiones de inflado, que dan un contacto de apoyo bastante amplio, hace que el frotamiento de las cubiertas, sobre todo en los virajes, represente un esfuerzo proporcionalmente más grande para los brazos del conductor. Por esta razón se va extendiendo a los vehículos el empleo de servo-direcciones que hagan fáciles las viradas, especialmente enojosas cuando hay que aparcar o salir a fuerza de maniobras.

Como fuentes de energía pueden utilizarse: el vacío de la admisión, aire comprimido o bien fuerza hidráulica (como se vió para el embrague y se explicará en los frenos, figura 7.20). Esta última es la más empleada, y sólo en algunos camiones y autobuses, para los que la dirección asistida se hace casi obligada, se emplea el aire comprimido cuando es de esta clase el mando de los frenos. El vacío es ya muy poco usado.

5.1. Sistema Béndix

Consiste (Fig. 6.12) en un cilindro móvil F que ayuda a los desplazamientos de la biela transversal L de la dirección. El líquido oleoso de un depósito D es puesto en presión por la bomba de engranajes P, movida por una correa como la del ventilador. Una válvula de descarga G mantiene constante la presión. El brazo de mando R acciona la biela transversal L, en cuyo extremo se haya la válvula de mando M; en el interior de ésta puede desplazarse ligera-

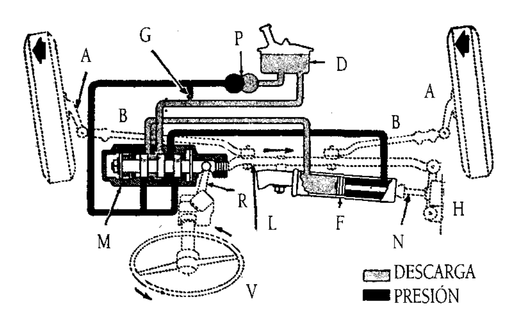


Figura 6.12.

mente a derecha o izquierda la corredera que intercomunica o interrumpe las tuberías dibujadas en la figura. A la misma biela L se articula el cilindro móvil F cuyo émbolo interior se une por su vástago N al bastidor del vehículo.

Cuando se vira el volante V (véanse las flechas) y se inicia el movimiento de L, el desplazamiento de menos de un milímetro, así de pequeña es la carrera de la corredera dentro de M, da paso al aceite a la cara correspondiente del émbolo F (en la figura, la derecha): el cilindro F se desplaza a la derecha y tira de L ayudando al conductor. Cuando éste detiene V virado, sigue L desplazándose por la presión del aceite, pero en cuanto recorre el citado huelgo de unas décimas de milímetro, ya se cierra el paso en M y se para L. Al deshacer la virada el conductor, se invierte el paso de aceite, que irá a la cara izquierda de F para hacerle moverse en este sentido. La ayuda es tal que a vehículo parado el esfuerzo para virar las ruedas es de diez a quince veces menor que sin la servo-dirección.

Análogos son otros sistemas, en los que en vez de moverse el cilindro puede hacerlo el pistón, siendo aquél el elemento fijo.

De similar constitución es el sistema descrito en la figura 6.13: la válvula rotativa, solidaria al volante, distribuye el aceite en función del sentido de giro y del esfuerzo rueda-suelo. La bomba de aceite, normalmente accionada por el motor a través de una polea, suministra a presión el necesario al circuito; un regulador de presión, omitido en la figura, canaliza el aceite hacia la válvula rotativa y de ésta hacia el gato, y el de retorno hacia el depósito. Los giros al volante de la dirección desplazan la cremallera; simultáneamente la válvula rotativa distribuye la energía hidráulica al correspondiente extremo del gato hidráulico, disminuyendo el esfuerzo del conductor.

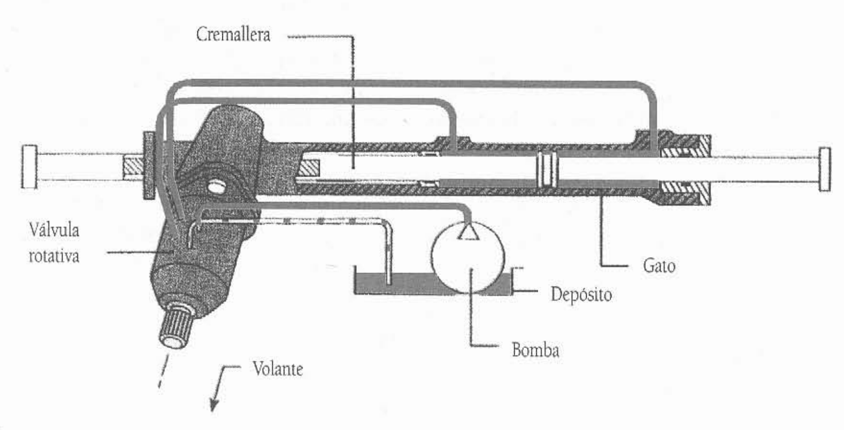


Figura 6.13.

5.2. Sistema coaxial de Chrysler

Así llamado por tener dispuestos sus mecanismos alrededor de la columna de dirección. Está constituida de la siguiente forma (Fig. 6.14):

El volante de la dirección V vira la columna con articulación flexible F, terminada por el tornillo R que engrana y mueve arriba y abajo (detalle 2) la tuerca T. Sólidamente fija a ésta va la varilla L que termina en la valvulita de corredera H dentro del doble pistón G. Este se prolonga a un lado por el tubo D, que entra dentro de T a terminar en el "palpa-

dor" C, y por el otro extremo lleva la cremallera J que acciona el brazo del eje de mando K, engranaje de la dirección. La corredera H puede moverse dentro de G la misma longi-

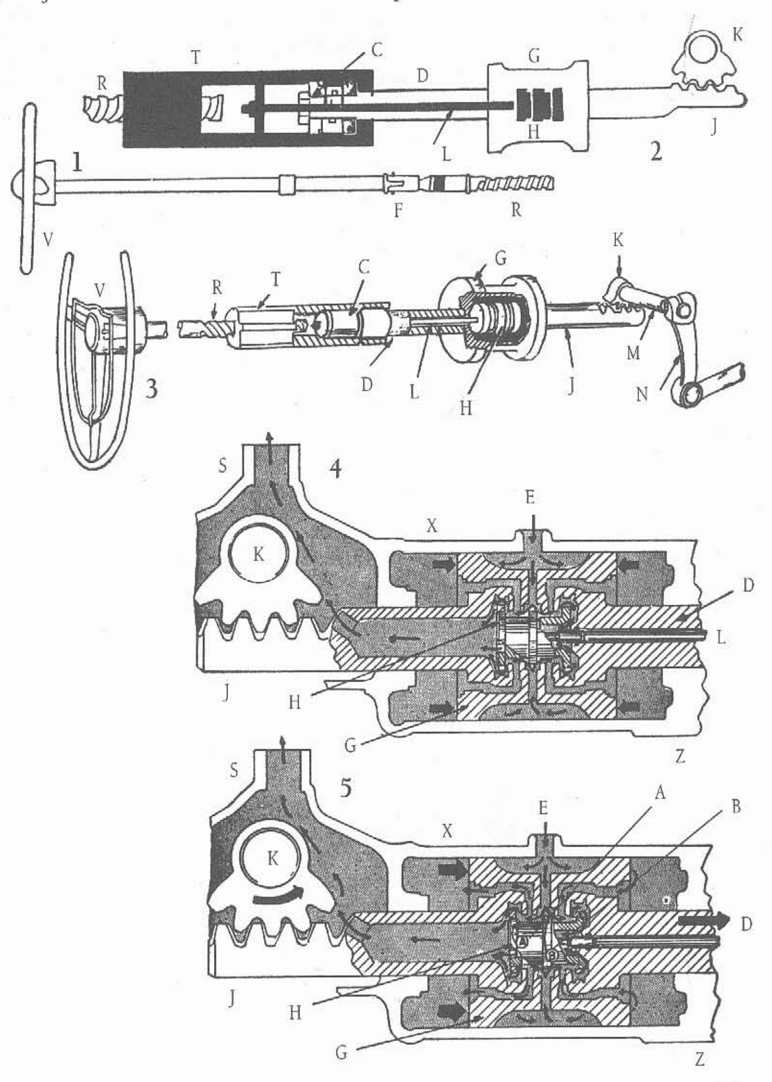


Figura 6.14.

tud que C dentro de T: no llega a un milímetro; este desplazamiento basta para accionar en uno u otro sentido al mecanismo.

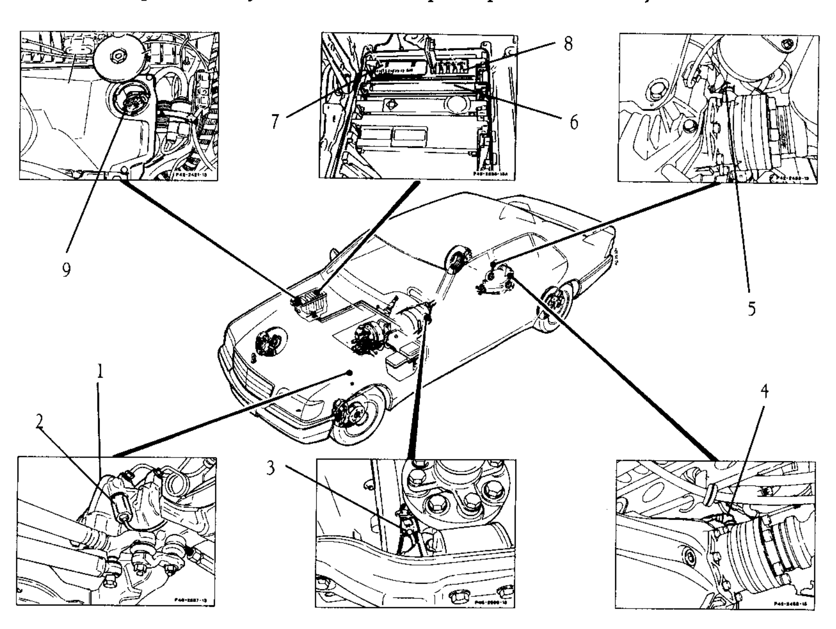
Desde R hasta M (detalle 3) todos estos componentes están dentro de un cárter XZ (detalle 4 y 5) que, además de servir de cilindro dentro del émbolo G, está lleno de aceite a presión que una bomba movida por correa envía constantemente, entrando por E y saliendo por S.

Cuando el volante mantiene rectas al frente las ruedas (detalle 4) el aceite tiene paso libre según las flechas. Pero si se inicia una virada (detalle 1 a 3) gira R, se mueve T, por ejemplo, hacia arriba de la columna y en cuanto se agota el pequeñísimo huelgo en C antes citado, D tira de la cremallera J haciendo girar K y, por tanto (detalle 3), su eje M y el brazo de mando N, virando la dirección. Pero esto no llega a ejercerse por la fuerza muscular del conductor en V, pues al tirar de T (detalle 4) se tira por L de H, que se desplaza dentro de G el mismo espacio inferior a un milímetro, pero suficiente (detalle 5) para que el aceite que entra a presión por E encuentre menos paso por B y A y, por tanto, tienda a llenar la cara izquierda de G empujándolo (flechas gruesas) con su varilla D, con lo que acciona la dirección en el mismo sentido que indica el conductor en V.

Cuando éste deja de virar el volante, la dirección sigue girando lo que le permite el huelgo de H y de C, o sea que G sube respecto a H, recobrándose la posición del dibujo 4 (punto muerto), pero eso que ha seguido virando es mínimo y no se nota, dada la pequeñez de la citada carrera de H y C. Si V se gira en sentido contrario, inmediatamente actúa H dentro de G, al revés que antes, hasta que se detiene V.

El conductor "siente" la dirección gracias al huelgo de C, por eso llamado *palpador de control*. Si falla el aceite ya se ha visto que el mando se realiza mecánicamente, con poco más esfuerzo que en una dirección sin servo.

De fundamento muy semejante es la Saginaw, usada por distintas marcas y que varía en detalles de disposición, que no alteran los principios de mando y sensibilidad.



1. Caja de la dirección.
2. Válvula de la servodirección paramétrica.
3. Transmisor inductivo de velocidad.
4. Transmisor del número de revoluciones, eje trasero, lado izquierdo.
5. Transmisor del número de revoluciones, eje trasero, lado derecho.
6. Unidad de control de la servodirección paramétrica.
7. Módulo básico (alimentación de tensión).
8. Fusible.
9. Acoplamiento de comprobación para diagnóstico, de 38 polos (salida de impulsos).

Figura 6.15.

5.3. Dirección de asistencia variable

La dirección de asistencia variable o servodirección paramétrica, se regula en función de la velocidad y del valor de fricción, esfuerzo rueda-suelo.

En la figura 6.15, se dibuja la disposición de los componentes de la servodirección paramétrica (PML) utilizada por Mercedes Benz y montada de serie en los vehículos de clase S.

El registro de la velocidad se efectúa a través de la unidad de control 6. Las señales de velocidad son utilizadas por el transmisor del número de revoluciones del ABS 4 y 5, o por los dos transmisores del número de revoluciones del eje trasero en los vehículos con ASR.

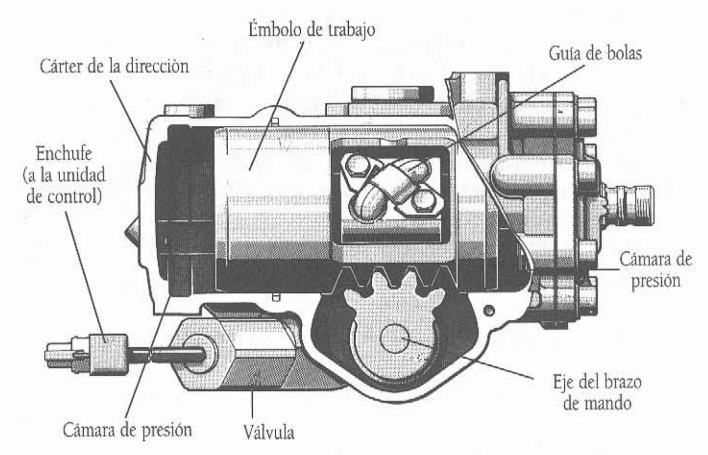


Figura 6.16.

Una segunda señal de velocidad es introducida en la unidad de control 6 por el transmisor inductivo de ve-locidad 3, en el cambio, como se-ñal de control. Mediante el reconocimiento de la velocidad, se utiliza un campo característico, depositado en 6, para el mando de la válvula de servodirección paramétrica 2.

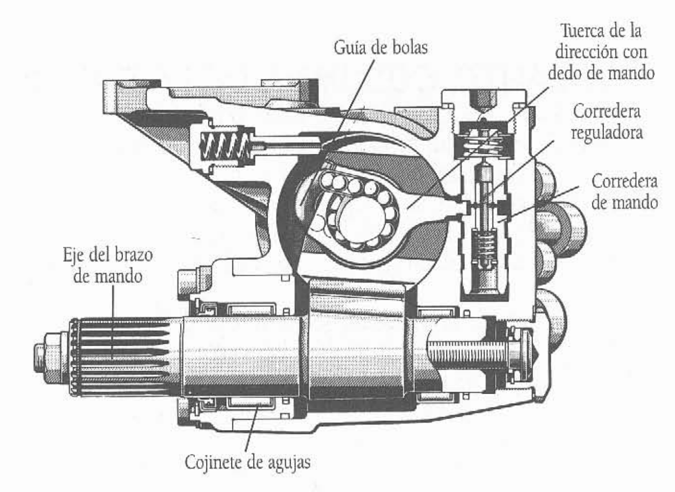


Figura 6.17.

Una tapa reguladora, controlada electrónicamente, en la válvula de la servodirección paramétrica, situada en la caja de la dirección (Fig. 6.16), regula la presión diferencial en las superficies de la corredera de mando (Fig. 6.17) en función de la velocidad del vehículo. La fuerza manual a aplicar por el conductor a velocidades superiores a 80 Km/h es de aproximadamente 5 Nm. (newton por metro); para velocidades inferiores, la fuerza manual se reduce de manera que durante el estacionamiento es sólo de aproximadamen-

te 2 Nm. Es decir la servodirección paramétrica tiene mayor suavidad de movimientos al reducir la velocidad.

A través de la válvula de servodirección paramétrica se controla la asistencia de las fuerzas direccionales; controlada a intervalos y regulada por la corriente, es activada por la unidad de control 6. Según la intensidad de corriente, la válvula controla una corredera reguladora (Fig. 6.17), y de este modo a la presión diferencial en las superficies frontales de la corredera de mando. Esta presión influye sobre la del aceite conducido a través de la corredera hacia el émbolo de trabajo (Fig. 6.16). Si la válvula se llena por completo, la corredera está cerrada y el aceite a presión llega a través de la corredera de mando al émbolo de trabajo, iniciándose la mayor asistencia de las fuerzas direccionales posible, estacionamiento.

La mínima asistencia se da en el caso de una válvula poco o nada llena, ya que la corredera está completamente abierta y se ajusta la presión diferencial controlada, situación de velocidad mayor de 80 Km/h.

Si existe una anomalía del sistema electrónico, se desconecta la función de los parámetros pero se conserva la servo-asistencia en función del valor de fricción.

En todos los sistemas la acción es suave y sensible; con el vehículo parado y el motor en marcha, se viran las ruedas sin esfuerzo por parte del conductor; la experiencia en la fabricación de elementos hidráulicos hace el funcionamiento seguro, prácticamente sin avería, y se consigue además una buena cualidad: que en marcha recta la dirección resulta sumamente estable, por el equilibrio de los pistones de mando entre presiones elevadas, absorbiéndose las reacciones de la vía en forma que no llegan al aro del volante.

6. VOLANTE. COLUMNA DE LA DIRECCIÓN

El diámetro del volante influye sobre la relación entre los movimientos de brazos y ruedas; uno de gran radio proporciona mayor desmultiplicación, si bien ocupa gran espacio. Tradicionalmente han sido circulares y en su diseño se han tenido en consideración los aspectos de seguridad; se procura proporcionar a su zona central de amplia superficie para que pueda absorber la presión ejercida por el cuerpo del conductor en caso de colisión. Su sujeción se hace también de modo que ceda en caso de ser sometido a una presión determinada.

La columna de la dirección se constituye de manera que no se desplace hacia el conductor en caso de choque frontal; es frecuente utilizar uniones que se rompen al ser sometidas a presión y dispositivos telescópicos o articulaciones angulares que impiden que la presión se transmita en línea recta a lo largo de la columna.

Modernamente se extiende el uso del volante, en combinación con la columna, regulable en altura y profundidad, con la finalidad de proporcionar una mayor comodidad al conductor, en función de su envergadura. En la figura 6.18 se dibuja una columna de la dirección regulable mecánicamente en sentido longitudinal.

Sobre el volante y/o la columna de la dirección, se montan los mandos de distintos servicios: bocinas, interruptor de luces, de accionamiento del limpia parabrisas, etc., que por transmisiones o cables interiores a la columna, salen por su extremo inferior a actuar sobre los distintos órganos.

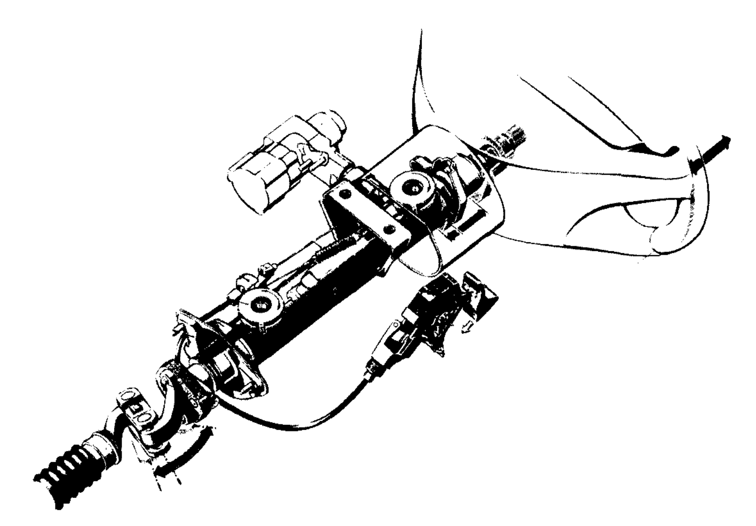


Figura 6.18.

7. CUALIDADES DE LA DIRECCIÓN

Cuando se gira el volante (Fig. 6.2) las manguetas deben orientarse fácilmente en la dirección mandada; pero en cambio, los choques contra las irregularidades de la calzada no es admisible que puedan alterar la dirección ni siquiera llegar a las manos del conductor, que no debe tener que sujetar con fuerza el volante en marcha normal, es decir, la dirección debe ser *irreversible*; ahora bien la irreversibilidad absoluta tampoco es conveniente porque el conjunto de los mandos sería demasiado rígido. Por otra parte, una dirección irreversible, para un determinado cambio de orientación de las ruedas, necesita girar más el volante que en el caso de ser reversible, pues depende del grado de desmultiplicación del engranaje, y, por tanto, influye también la comodidad del conductor, que debe poder actuar sobre la dirección con rapidez y sin esfuerzo de movimientos molestos. Para armonizar las ventajas e inconvenientes expuestos, los constructores combinan la desmultiplicación del engranaje y la flexibilidad de las articulaciones en los extremos de la biela, así como las características de que luego se habla, de modo que la dirección resulta casi siempre *semirreversible*.

En todo el giro del volante las ruedas no van abriendo siempre lo mismo, sino que la abertura de una a otra posición va siendo mayor cuanto más se vaya separando el volante de la posición normal, es decir, que la dirección será *progresiva*, lo que tiene por objeto evitar al conductor giros considerables del volante en las curvas pronunciadas.

Una dirección es *estable* cuando, marchando en recta, al soltar el volante no se desvía sensiblemente el vehículo a la derecha ni a la izquierda, y cuando después de un viraje tiende a volver por sí mismo a la marcha recta sin que sea preciso forzar el giro del volante.

8. GEOMETRÍA DE LA DIRECCIÓN

Para que la dirección reúna las condiciones señaladas, el diseño de sus órganos presenta características especiales. Las ruedas directrices han de cumplir una serie de condiciones geométricas llamadas *cotas de la dirección*.

8.1. Dirección montada sobre un eje rígido

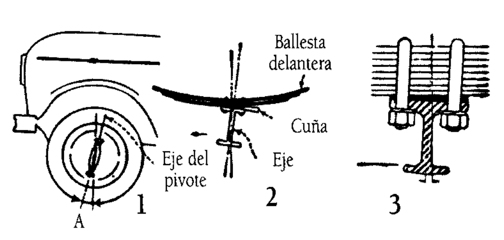


Figura 6.19.

1°. El pivote, alrededor del cual se orientan las ruedas, no es vertical, sino que por debajo apunta hacia adelante (Fig. 6.19-1) un cierto ángulo A, llamado *avance* "caster", que según el modelo de vehículo varía de 1° a 7°, término medio 2° y medio, conseguido por construcción del patín o interponiendo una cuña (2) entre la ballesta y el eje, quedando en la forma 3; este avance proporciona fijeza a la dirección. Si el avance es demasiado pequeño, la dirección se hace "vagabunda", no tiene posición fija; si se invierte, la dirección reacciona bruscamente, es dura y peligrosa; y si es excesivo puede dar un tiro constante hacia un lado de la carretera, especialmente si ésta es bombeada, y también provocar trepidaciones oscilantes, "shimmy".

2°. El pivote, además del avance longitudinal, tiene una inclinación transversal (Fig. 6.20) llamada *salida o inclinación*, "outward slant", que se mide por el ángulo S, que en este sentido forma el eje del pivote con la vertical, de 4° a 9° (término medio 5), y que acerca la prolongación del eje del pivote al centro de la base de apoyo del neumático sobre el suelo para disminuir el brazo de palanca resistente cuando se maniobra la dirección. La prolongación del eje del pivote no se hace pasar por el centro de la base de apoyo, sino que queda a una distancia de 2 a 4 centímetros. Al virar la dirección se levanta un poco el vehículo, y, de este modo, por su propio peso tiende a volver a la posición de marcha recta, para la cual está más baja; así ayuda al conductor a volver el volante, si se deja libremente se recobra sólo si es semirreversible la dirección, dando estabilidad al mecanismo. El ángulo de salida viene dado por construcción del eje y no es regulable sino torciendo éste.

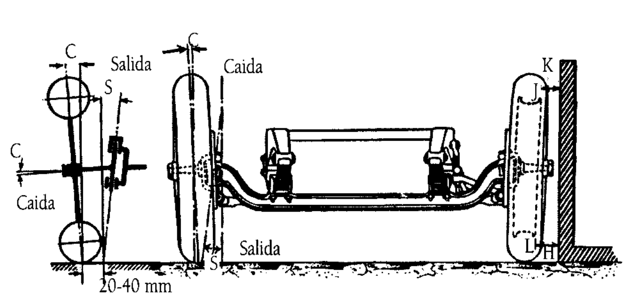


Figura 6.20.

3°. Las manguetas no son horizontales, sino que forman un ángulo hacia abajo C (Fig. 6.20) llamado *caída, despunte* o *sopié*, que tiende a conservar la rueda apretada hacia el eje, evitando que se salga, y da a las ruedas delanteras cierta convergencia hacia el suelo, con lo que se presentan más normales al bombeo de la carretera. La caída de mangueta o inclinación de la rueda "camber" vale de un cuarto de grado a 2° y se mide, estando el vehículo horizontal, por la diferencia de distancias LH y JK que hay entre los bordes inferiores y superior de la llanta al lado vertical de una escuadra o plomada; así medida vale de 10 a 15 milímetros.

Como consecuencia del *avance*, de la *salida* y de la *caída*, la prolongación del eje del pivote cortaría el piso en un punto P (Fig. 6.21) situado delante y hacia dentro del centro de la base de apoyo del neumático.

4°. Las ruedas delanteras, vistas desde arriba (Fig. 6.22), se acercan por delante, tienen *convergencia* "toe-in", medida por la diferencia entre las separaciones de los bordes de las llantas, detrás PQ y delante MN, diferencia que vale de 1 a 6 milímetros. La convergencia compensa la tendencia de las ruedas a abrirse con la marcha y contrarresta el esfuerzo que sufren los pivotes. Puede ajustarse por los extremos roscados de la barra de acoplamiento.

En los vehículos de tracción delantera la convergencia suele ser negativa (*divergencia*), o sea, que las ruedas se abren hacia delante.

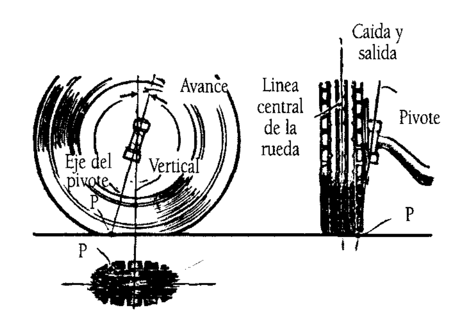


Figura 6.21.

8.2. Suspensión independiente

La suspensión independiente en las ruedas delanteras es el sistema usado en la actualidad en los automóviles, vamos a estudiar con detenimiento la **geometría de la dirección.**

La mayor parte de los automóviles no utilizan piezas como **pivotes** de la dirección, pero en las explicaciones y en los comprobadores de las cotas de reglaje se sigue hablando de las inclinaciones de los **pivotes de la dirección** asumiendo el mismo como el eje teórico de articulación de las rótulas, superior e inferior, de la **mangueta** sobre la que gira la rueda.

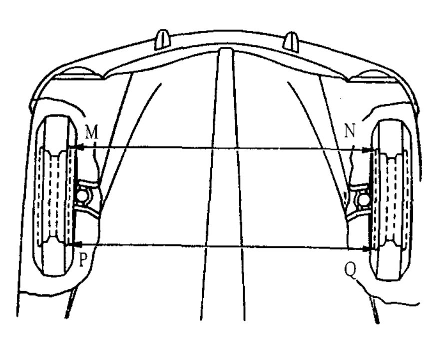


Figura 6.22.

ESTUDIO DE LA GEOMETRÍA DE LA DIRECCIÓN

8.2.1. Avance

El pivote de la dirección o eje de rótulas, puede estar **inclinado** hacia delante o hacia atrás con respecto a la vertical como se ve en la figura 6.23 de la Dirección.

La inclinación del eje hacia atrás por la parte de arriba hace que la prolongación del eje, corte a la unión de la rueda con el piso en un punto ligeramente **adelantado** con respecto al sentido de marcha, **avance positivo.** Este avance favorece la estabilidad de la dirección. El empuje del vehículo sobre las rótulas se produce por delante, punto B, de la resistencia que ofrece el asfalto al neumático, punto A de la figura 6.23, al igual que en una bicicleta la prolongación de la horquilla se une a la calzada por delante del punto de contacto de la rueda con la misma estableciéndose un ángulo de avance figura 6.24

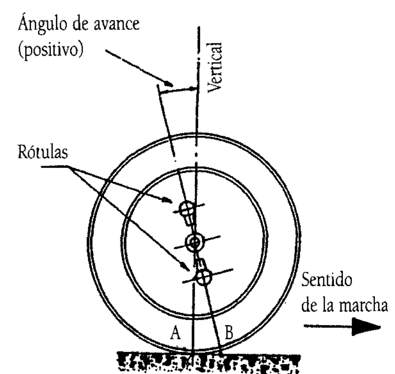


Figura 6.23

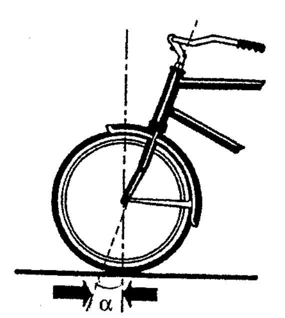


Figura 6.24.

de la Dirección. La rueda se mantendrá estable siguiendo el punto de contacto del avance.

El ángulo de avance proporciona **fijeza** a la dirección dando **suavidad al giro** a la misma, si es el adecuado.

Un **avance excesivo** hace que el brazo de palanca que forma el centro de gravedad del vehículo con el punto de contacto de la prolongación del pivote con el suelo, sea muy grande y mover la dirección costará mayor esfuerzo, **dirección dura**.

Por el contrario, un avance escaso disminuye el brazo de palanca expresado haciendo la dirección excesivamente **suave**, dirección blanda o vagabunda.

Avance positivo
Delantera coche
d
Disco de cartón
Lapicero
Arco de goma
Levantamiento del disco
Rueda izquierda en giro a la derecha
A
B

Figura 6.25.

El avance del pivote produce además otros efectos. La empresa Trabazola SA, de Bilbao (España) fabricante de equipos de medición "Batalla" para el control de la geometría de la dirección del automóvil, estudia los efectos del avance simulando con un lapicero, un disco de cartón y un aro de goma, figura 6.25.

Cuando las ruedas tienen un ángulo de **avance positivo**, para ver las fuerzas que intervienen en los giros de las ruedas, sujetamos el lápiz y el disco de cartón en la forma de la figura 6.25, el disco representa la rueda delantera izquierda y el lápiz representa el pivote, observaremos los efectos teniendo en cuenta sólo la cota de avance en el pivote, lápiz, sin tener en cuenta la cota de salida que después estudiamos. Si giramos el lápiz en el sentido expresado en la figura, giro a la derecha de la rueda izquierda, vemos que el disco o rueda se **levanta** del suelo una distancia d; en la práctica la **rueda**, disco, no se levanta, sino que las **rótulas de dirección bajan**; es decir, en un viraje a la derecha el lado izquierdo del coche **desciende** figura 6.26.

Cuando la rueda delantera izquierda gira a la izquierda, figura 6.27, las rótulas de dirección de dicha rueda se levantan; es decir, el lado izquierdo del coche se eleva.

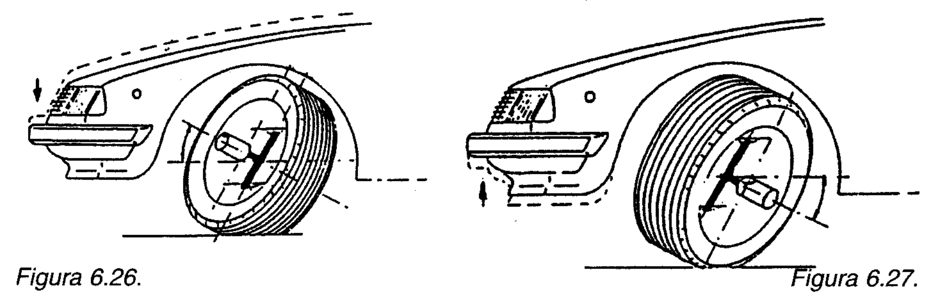


Figura 6.26.

Figura 6.27.

Estas acciones ciertas de comportamiento en las curvas, nos hace considerar que con un avance del pivote **positivo**, al tomar una curva a la derecha, el lado izquierdo del coche tiende a bajar y el lado derecho, que da al interior de la curva, tiende a subir, con lo que se produce un "vuelco" de la carrocería hacia **fuera** de la curva, que unido a que la fuerza centrífuga tiende a expulsar al coche hacia fuera de la misma, hacen que la estabilidad del coche disminuya.

Por tanto la " fijeza" que produce el avance positivo en la dirección es una cualidad, pero en las curvas disminuye la estabilidad del coche debido a este avance.

Utilizando un avance negativo, los resultados son contrarios y al tomar una curva a la derecha se **levanta** la parte izquierda del coche, exterior de la curva y **baja** la parte derecha, interior de la curva. Se pude hacer la simulación con el lápiz y el disco de cartón, rueda, el **avance negativo** favorece la estabilidad del coche en las curvas y los **vehículos actuales** suelen llevar esta cota, la "fijeza" a la dirección se encarga a un reparto adecuado de masa en el vehículo además del sistema de amortiguación que tiene gran influencia en la dirección del mismo.

El avance positivo tiene otro efecto importante; cuando se giran las ruedas hacia dentro de la curva, el coche tiende a descender de nivel con lo que el peso del mismo actúa incrementando la convergencia de las ruedas. Con avance negativo el peso del coche tiende a **abrir** las ruedas por delante, divergencia.

Recordamos que el avance positivo tiende a mantener las ruedas en línea recta proporcionando fijeza a la dirección. Cuando giramos el volante, se tiene que vencer este esfuerzo y el que proporciona la salida, que estudiaremos después, ambas cotas favorecen el retorno de las ruedas a la posición de línea recta, una vez que ha pasado la curva, pero en los **vehículos pesados** se suele dar **avance negativo**, para disminuir el esfuerzo de giro, confiándose el **retorno** al efecto del ángulo de salida.

Resumiendo lo expresado el avance positivo tiene ventajas en cuanto a estabilidad en línea recta pero inconvenientes en las curvas actuando a favor de la fuerza centrífuga.

El Avance Negativo tiene ventajas evidentes en las curvas oponiéndose a la fuerza centrífuga en el desequilibrio de la carrocería.

El Avance Positivo hace que se necesite mayor esfuerzo para girar las ruedas por lo que sobre todo en vehículos pesados se emplea la cota de avance negativo.

8.2.2. Salida o inclinación del pivote de dirección

Hemos dicho, al principio de este tema, que el pivote físico no existe en los automóviles modernos. Existía en vehículos antiguos incorporando la mangueta sobre la que gira la rueda a una pieza fija de unión. En la actualidad la **mangueta** se soporta por medio de sus **rótulas** unidas a unos **brazos oscilantes** por arriba y por debajo que a su vez van unidos a la carrocería. La inclinación del **eje geométrico** de las rótulas con respecto al **eje vertical al firme**, es un factor importante en el funcionamiento de la dirección, debido a que el eje de rótulas es la línea, alrededor de la cual, **vira** la mangueta que soporta la rueda, para la conducción del vehículo.

El eje de las rótulas o eje del pivote, tiene una **inclinación hacia fuera** del vehículo por la parte inferior, formando un ángulo con la vertical, **ángulo de salida**, figura 6.28.

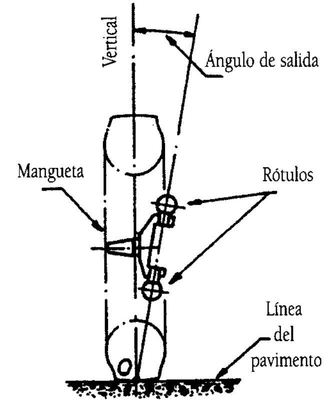


Figura 6.28.

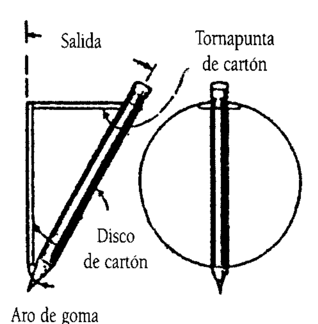


Figura 6.29.

La **salida**, tiene varios efectos:

Favorece la estabilidad de la dirección y mantiene a las ruedas en posición de línea recta, en caso de viraje ayuda a restituir la dirección recta después de la curva.

Reduce el esfuerzo de giro de la dirección, sobre todo cuando el coche está parado y contribuye a un menor desgaste del neumático.

La comprobación del primer caso, siguiendo con Trabazola SA, se puede demostrar simulando el sistema con un lápiz, pivote, un disco de cartón, rueda y un aro de goma de unión, figura 6.29.

Altura del disco sobre la mesa en marcha en línea recta
Descenso del disco en un viraje
Tablero de la mesa
A
B
C

Figura 6.30.

Manteniendo un ángulo del lápiz con respecto a la vertical, ángulo de salida , y haciéndole girar como en la figura 6.30, se observa que al girar la rueda es **arrastrada hacia abajo**, tanto en el giro a un lado como a otro ocurre lo mismo. Si la rueda no puede bajar en la práctica, lo que ocurre es que las **rótulas de giro** suben, levantando el coche en los giros; el peso del mismo tiende a retornar a las ruedas a su posición inicial una vez efectuado el giro.

8.2.3. Caída

Es la inclinación de la mangueta y por tanto de la rueda que gira sobre ella, con respecto a la vertical, figura 6.31. Cuando la rueda se inclina hacia fuera, estando más separada por la parte superior de la carrocería que por la parte inferior, se dice que la caída es **positiva**. Cuando la inclinación es hacia dentro, estando la rueda más separada por la parte inferior de la carrocería que por la parte superior, se dice que la caída es **negativa**.

La caída se mide en grados de inclinación del eje de rótulas con respecto a la vertical y se da una caída positiva para que cuando se cargue el vehículo se vuelva a la verticalidad de la rueda. (Fig 6.55).

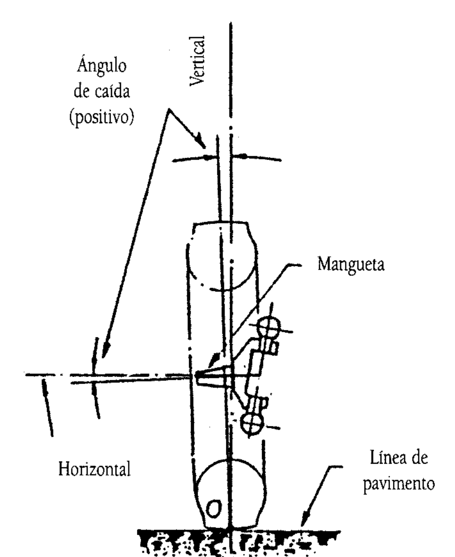
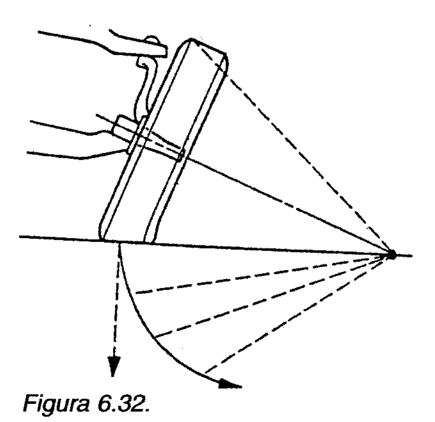


Figura 6.31.



La caída ejerce una fuerza directriz en cada rueda, si fuera distinta en ellas el coche tendería a irse hacia el lado de la rueda de mayor caída. (Fig. 6.32).

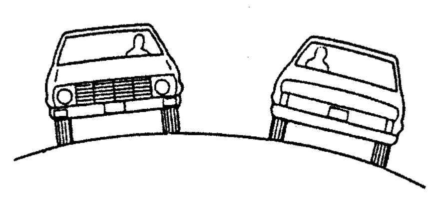


Figura 6.32.

Figura 6.33.

La caída hace que el vehículo se adapte mejor al bombeo de las carreteras que existe en algunas poblaciones para evitar acumulaciones de agua. Fig. 6.33.

8.2.4. Ángulo comprendido

Se llama **ángulo comprendido** a la suma de los ángulos de la salida y de la caída. (Fig. 6.34). La prolongación del eje de las rótulas como consecuencia del mismo y su unión con la vertical que pasa por el centro del neumático en su contacto con el suelo, tiene importancia en el comportamiento de la dirección, como vamos a estudiar.

8.2.5. Influencia de los ángulos de salida y caída de la dirección, (ángulo comprendido)

Si las ruedas tienen distintos ángulos de salida y de caída, o de uno de los dos, el comportamiento del vehículo no es el mismo, existe una variación importante.

En las fig. 6.35 y 6.36 se ven dos ruedas con un ángulo comprendido de 12°, pero con 1° de variación en la salida y caída. La variación, en la práctica puede darse si el vehículo ha recibido golpes contra el bordillo de la acera o de cualquier otra acción.

En la rueda de la izquierda, figura 6.35, se aprecia que la prolongación del eje de rótulas, pivote, coincide con el eje de la rueda 7 mm por encima del punto de contacto de la rueda con el pavimento, en el punto Z. Por este motivo la rueda izquierda tiende a **converger**, lo que origina un defecto que se manifiesta de forma que la dirección **tira** hacia dentro.

En la rueda derecha, figura 6.36, La prolongación del pivote se une al eje de la rueda 14 mm, por debajo del punto de contacto del eje de la rueda con el firme. Por éste motivo la rueda tiende a **diverger** y como resultado la dirección se comporta de forma

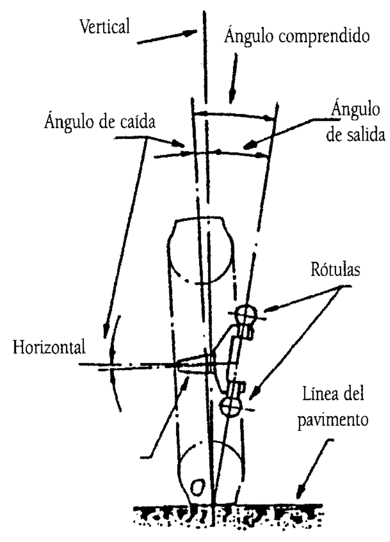


Figura 6.34.

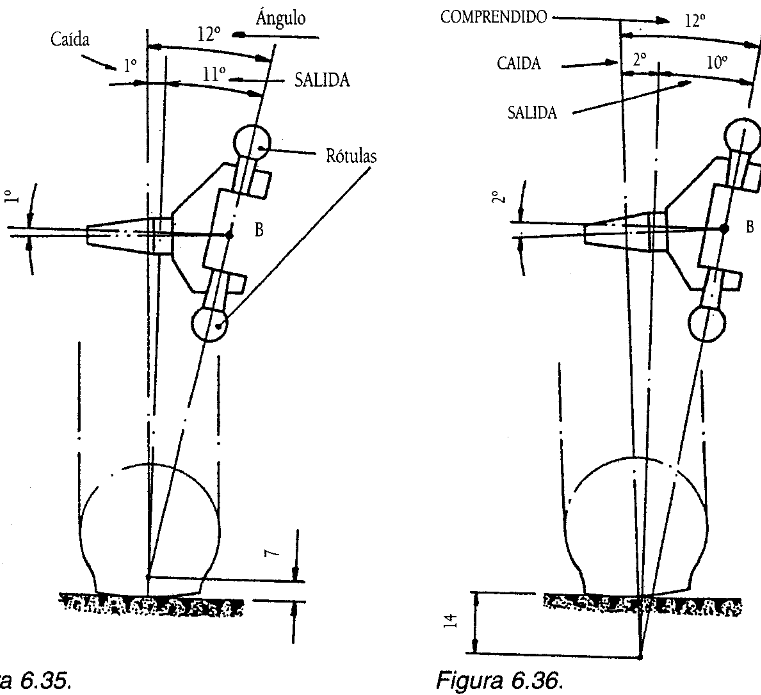


Figura 6.35.

Figura 6.36.

Ángulo COMPRENDIDO
Ángulo COMPRENDIDO = 10°
10°
SALIDA
SALIDA
9°
1°
CAIDA
10°
CAIDA = 0°
1°
CAIDA
Z
Rueda convergente
14
Z
Rueda divergente

Figura 6.37.

que tira hacia fuera. El coche se irá hacia un lado pero las causas pueden achacarse a otros defectos, es necesario comprobar, de entrada, las cotas de reglaje de forma correcta teniendo presente estas explicaciones.

En la figura 6.37, se puede ver con los ángulos expuestos, como el punto de unión Z, define el comportamiento de las ruedas, con una u otra tendencia.

8.2.6. Factores que influyen en la alineación de las ruedas

Siguiendo con el simil empleado por la empresa Trabazola de Bilbao, en la figura 6.38 un lápiz vertical equivale al eje del pivote, el lápiz horizontal equivale a la mangueta donde se apoya la rueda delantera y se simula el giro de la rueda **delantera izquierda**.

La punta del lápiz que hace de mangueta, pinta la **trayectoria** seguida por el eje de la misma y por tanto por el eje transversal de la rueda en los giros hacia "dentro" de la curva, posición señalada en la figura, y hacia "fuera" posición señalada con la línea de puntos. Se ve en la figura 6.38, que el eje del lápiz, pivote, no tiene inclinación y por tanto los ángulos girados a un lado y a otro no determinan ninguna variación en la altura del eje de la mangueta que se conserva en todo momento a 8 cm.

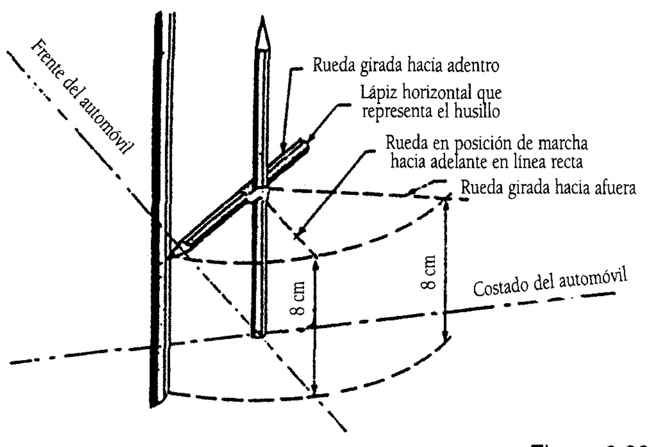


Figura 6.38.

Si inclinamos el lápiz, pivote, de forma que esté adelantado por la parte inferior un cierto ángulo, avance positivo, figura 6.39, y suponiendo siempre la rueda izquierda, al girar hacia **dentro** del coche, vemos que el eje de la mangueta **sube**, pintando la trayectoria el lápiz, en la práctica el eje de la mangueta no "sube" , pero como resultado de ésta acción "sube" el frente del coche en su lado izquierdo del vehículo al **elevarse las rótulas de unión**.

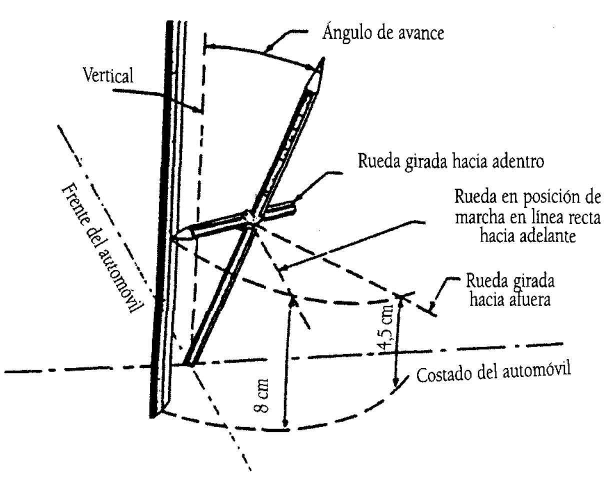
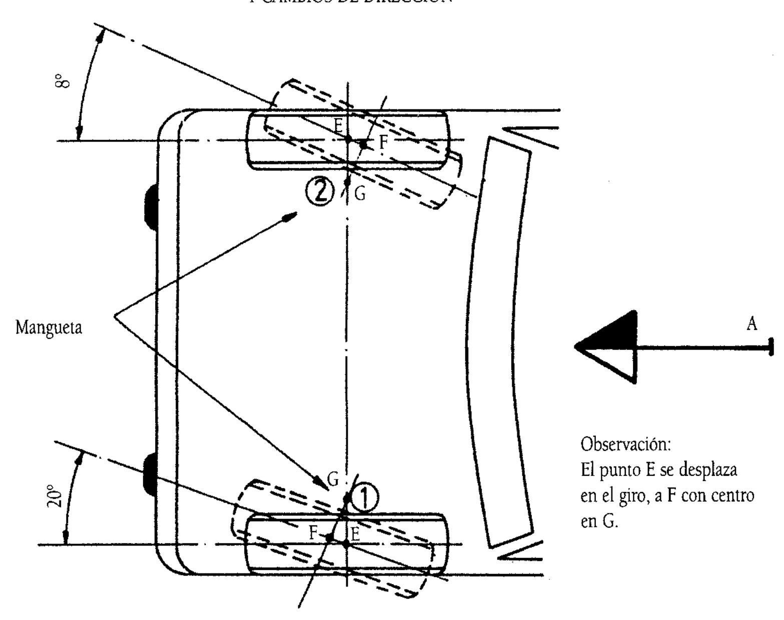


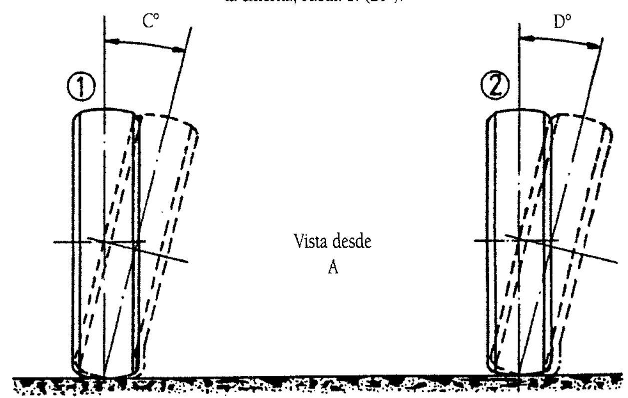
Figura 6.39.

En el giro hacia fuera del coche, el eje que representa la mangueta, "baja" siendo el

MOVIMIENTOS GENERADOS DURANTE LOS GIROS 20°
Y CAMBIOS DE DIRECCIÓN



Divergencias en giros: Diferencia entre el ángulo de giro de la rueda interna a la curva, rueda 2, (B°) y la externa, rueda 1. (20°).



Valoración en la inclinación: La rueda 1, externa a la curva, se inclina C° haciendo que la carrocería descienda en ese lado.
La Rueda 2, interna a la curva, se inclina D° haciendo que la carrocería ascienda por ese lado.

Figura 6.40.

frente del coche, en la práctica, quién realmente baja como consecuencia de la **bajada de las rótulas de unión**.

El ángulo de avance en un vehículo puede variar debido a que las partes intervinientes se hayan doblado o deformado. Suele oscilar en los vehículos, entre 0,50° a 3°.

8.2.7. Efectos de la salida o inclinación lateral del pivote

Cuando existe salida en el pivote de la dirección, con las ruedas situadas en línea recta, el vehículo se encuentra más próximo a la carretera debido a la inclinación lateral del pivote como se explicó en el punto 8.2.2. Cualquier giro a un lado o a otro determina un levantamiento del coche venciendo el peso del mismo, la salida ayuda a recuperar la posición de las ruedas en línea recta.

8.2.8. Movimientos generados al girar la dirección 20° a un lado y a otro

En la figura 6.40, el punto E es la unión del eje de la mangueta con el eje de la rueda. Con el viraje, el punto E se desplaza al punto F, con centro en G, las ruedas no giran el mismo ángulo a un lado y a otro, como se ve en la figura y más adelante ampliaremos.

POSICIÓN DEL EXTREMO DE LA MANGUETA SEGÚN LOS DIFERENTES ÁNGULOS DE AVANCE Y SALIDA.

En las figuras 6.41 y 6.42 se pueden ver las distintas posiciones que toma el eje de la mangueta, a un lado y otro, con distintos ángulos de avance. En el símil empleado en la figura 6.43, una escuadra determina el eje del pivote (lado de mayor longitud de la escuadra) y el vértice B de la misma determina el eje de la mangueta. Se ve en la figura, que, sin avance (lado de la escuadra vertical), el punto B tiene un plano de rotación horizontal. En la figura 6.44 se observa que la inclinación de la escuadra, determina un ángulo de salida y el plano de rotación de la mangueta es inclinado, esto hace que la rueda tienda a "irse" hacia "arriba" o hacia "abajo"; realmente la rueda no se va, sino que la carrocería del coche se "eleva" o "desciende".

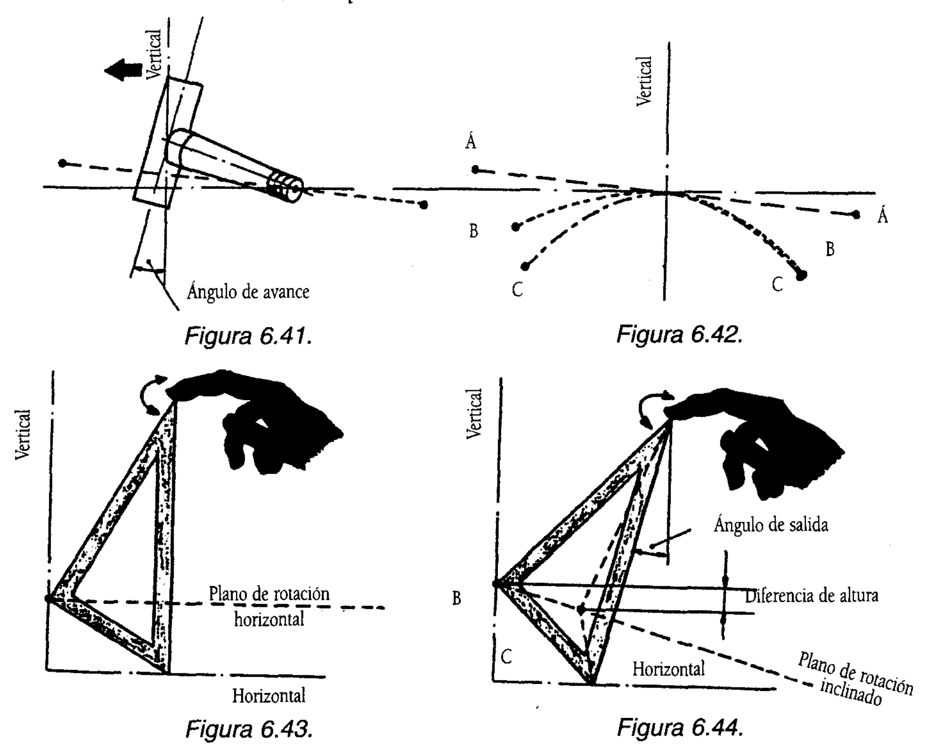


Figura 6.41.

Figura 6.42.

Figura 6.43.

Figura 6.44.

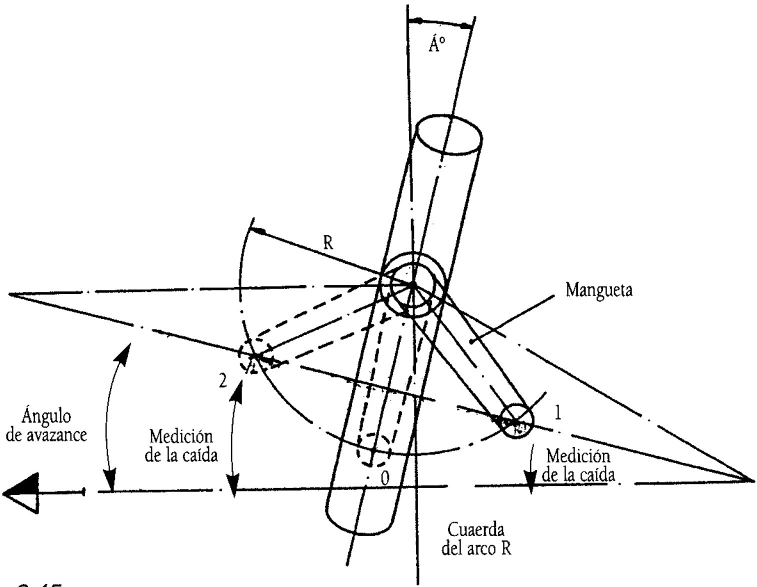


Figura 6.45.

8.2.9. Medición de ángulos de avance. Figura 6.45

Geométricamente la caída de la mangueta varía al desviar las ruedas en un pivote con avance. Se puede determinar el mismo si **medimos la caída** en determinadas posiciones de la rueda.

Si giramos la mangueta 20° hacia "dentro" punto n° 1 y **medimos la caída** en esa posición de la rueda; después giramos la rueda en sentido contrario otros 20°, punto n° 2, 40° desde el punto n° 1 y **medimos la caída** en ese punto 2, el **ángulo de avance** queda determinado por la prolongación de la cuerda del arco R, descrito por la punta de la mangueta en su giro, y la horizontal.

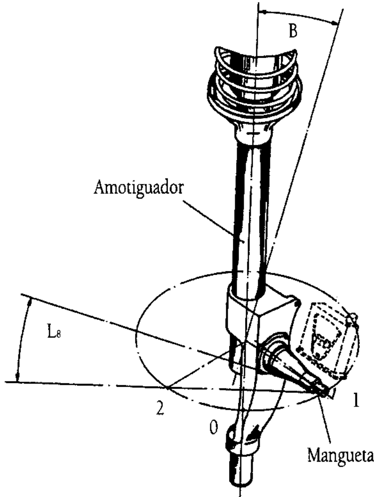


Figura 6.46.

Ésta medición es la que efectúan la mayoría de los aparatos de medida. Para que la explicación anterior sea correcta, debiéramos de girar 30° a un lado y 30° al lado contrario. En esas condiciones el plano formado por la cuerda del arco descrito por la punta de la mangueta y la línea horizontal, medirían **exactamente el avance**, pero en la práctica es imposible que las ruedas giren 30° a un lado y a otro y por eso la medición del Avance se hace a 20° de giro. La lectura que nos de en éstas condiciones se multiplica **por 1,5** siendo equivalente éste resultado al que nos hubiera dado si la medición se hubiera hecho a los 30°.

Como norma los **inclinómetros** tienen las divisiones de los grados alterados, aumentados en **20' por grado** para evitar la operación de multiplicar por 1,5.

En la figura 6.46 se exponen unas consideraciones generales:

La medición del ángulo de avance se realiza con un goniómetro en posición transversal. El ángulo medido L es el formado por la cuerda del arco descrito por el extremo de la mangueta en su giro y la horizontal. Éste ángulo es **igual al ángulo de avance B**, por ser iguales al tener los lados perpendiculares. El ángulo de giro de la rueda partiendo de la posición 0, ha de ser el mismo en ambos sentidos, 0 1 y 0 2, si fueran distintos el ángulo L no sería igual al ángulo B.

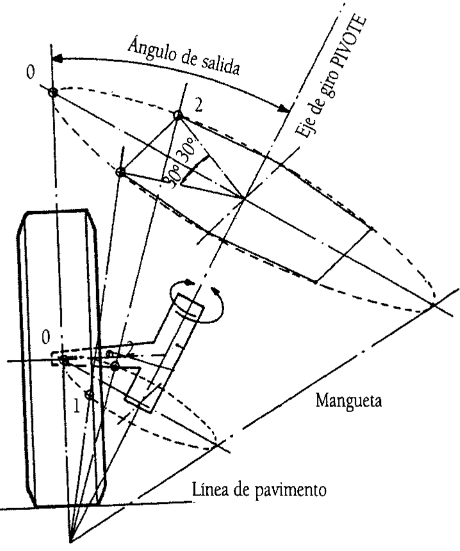


Figura 6.47.

8.2.10. Medición del ángulo de salida

El ángulo de salida se ve en la figura 6.47, es el formado por la vertical y el eje que pasa por las rótulas. Como no se puede medir de forma directa, se hacen giros de 20° a un lado y a otro y en cada giro se produce una **caída** que sumadas ambas proporcionan la cota de **salida**.

Partiendo de la posición 0-0 de la figura 6.48, giramos 20° hacia el interior, figura 6.49, con lo cual el eje de simetría de la vertical se desvía un ángulo A° que medido con el goniómetro nos da un número de grados.

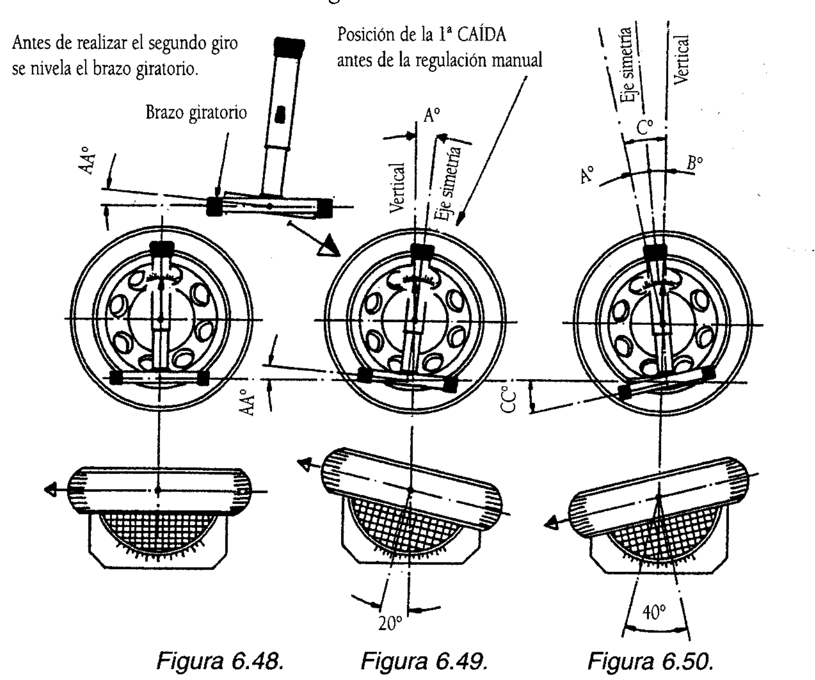


Figura 6.48. *Figura 6.49.* *Figura 6.50.*

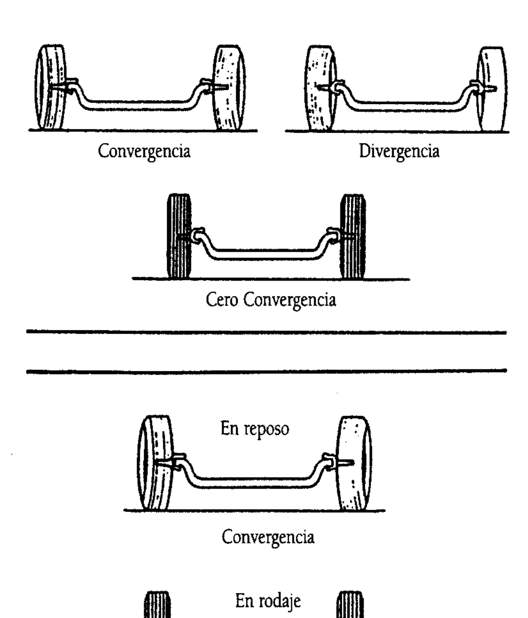


Figura 6.51.

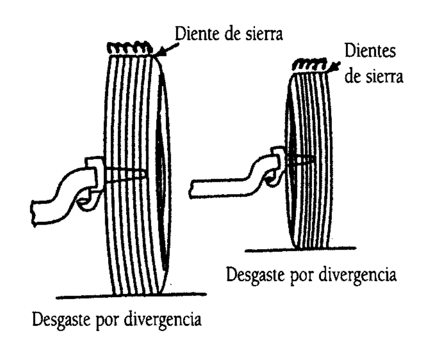


Figura 6.52.

Girando otros 20° en sentido contrario y se obtiene un ángulo B° que sumado al anterior nos da el ángulo de salida. Fig. 6.50. En la figura 6.47 se ve por Geometría que los ángulos girados hacia un lado y a otro deben ser de 30°.

8.2.11. Convergencia y divergencia

La **convergencia** es la diferencia de distancia entre las ruedas delanteras por la parte delantera y la parte trasera de las mismas. Los vehículos que son empujados desde el eje trasero, propulsión, tienen tendencia a que las ruedas delanteras se "abran" con el movimiento del vehículo, es necesario que tengan cierta convergencia para corregir esta tendencia.

Los vehículos en los que las ruedas delanteras "tiran" del mismo, tracción, tienen tendencia a que las ruedas delanteras se "cierren" por delante por lo que es necesario que tengan cierta divergencia. Figura 6.51.

El ajuste incorrecto de la convergencia o divergencia de las ruedas delanteras produce un desgaste prematuro de los neumáticos y una dirección incierta. Los desgastes se manifiestan en el sentido de la figura 6.52.

8.2.12. Divergencias en las curvas

Las ruedas delanteras en las curvas tienen diferentes ángulos de giro, como consecuencia de que el punto de cruce del eje vertical de la rueda y el eje de la mangueta, tienen el mismo centro del arco que describen, lo que conviene por construcción. Figura 6.53.

Como los arcos que describen las ruedas no son concéntricos, al tomar una curva giran ángulos distintos; en la figura se ve que la interior gira un ángulo mayor que la exterior. Se llama **divergencia en giros** la diferencia de ángulos que giran las dos ruedas tanto a un lado como a otro. Se comprueba girando 20° a cada lado la rueda exterior y la diferencia con la interior debe ser igual en las dos mediciones.

La divergencia en giros depende del ancho del vehículo, Vía, y de la Batalla, que es la distancia que existe entre los dos ejes, pero girada 20° la rueda exterior a un lado y a otro la rueda delantera interior debe girar un ángulo igual a ambos lados.

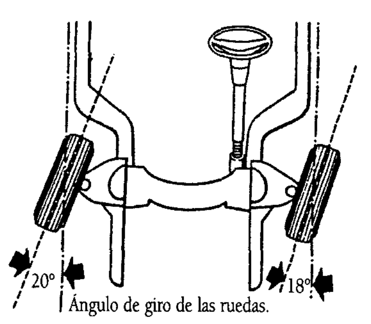
8.2.13. Algunos aspectos a considerar

Un ángulo de caída excesivo, mayor de 0,75° hace que la rueda tienda a girar en círculo y la dirección "tira " hacia un lado. El desgaste del neumático será prematuro. Figura 6.54.

La caída debe ser la marcada por el fabricante, está en función de la capacidad de carga del vehículo, cuando el mismo está descargado la rueda manifiesta la inclinación. Cuando el vehículo se carga, el peso de la carga en el eje delantero anula la Caída de la rueda. Figura 6.55.

8.2.14. Efecto de la salida del pivote en el desplazamiento de la magueta

Cuando se gira el volante de dirección para tomar una curva, el extremo del eje de la mangueta se desplaza desde un punto más alto a otro más bajo describiendo un arco, éste movimiento produce una fuerza sobre el neumático que a través de las rótulas se comunica a la suspensión delantera levantando el coche en la parte exterior de la curva oponiéndose a la fuerza centrífuga como si fuera un peralte de la carretera. Figura 6.56. En el punto 8.2.8 se explicaron estos efectos.



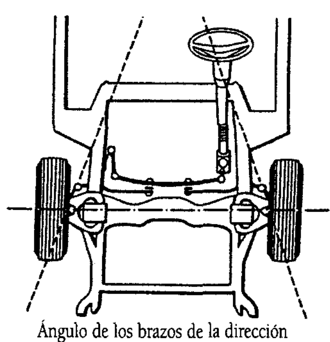


Figura 6.53.

8.2.15. Ángulo de giro

Cuando los giros de las ruedas no son los marcados por el fabricante se produce un resbalamiento o deslizamiento del vehículo. Se reduce el radio de giro total, dirección errática e inestable en las curvas. Pueden existir deformaciones en el bazo de dirección. Es necesario comprobar el estado de los neumáticos y el eje delantero en general antes de comprobar los giros a 20° y las diferencias a un lado y a otro. Figura 6.57 y 6.58. En esta última figura se ve cómo el ángulo que gira la rueda exterior, 20°, es distinto al girado por la rueda interior (23°); la diferencia es la divergencia en el giro (3°)

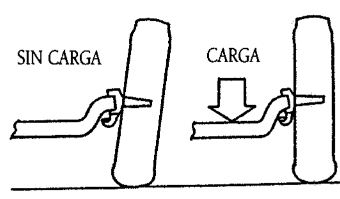


Figura 6.55.

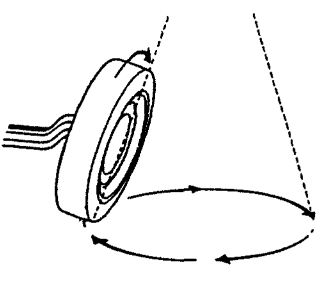


Figura 6.54.

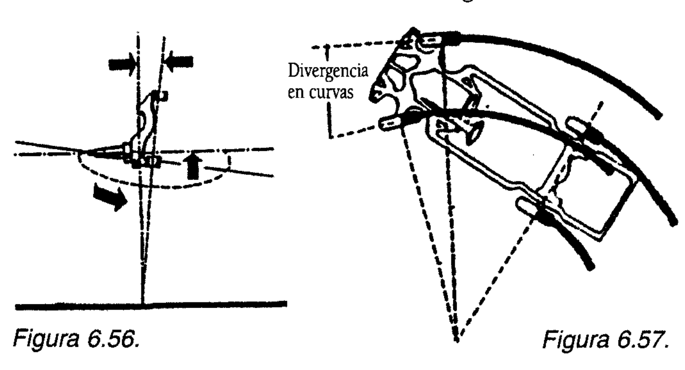


Figura 6.56.

Figura 6.57.

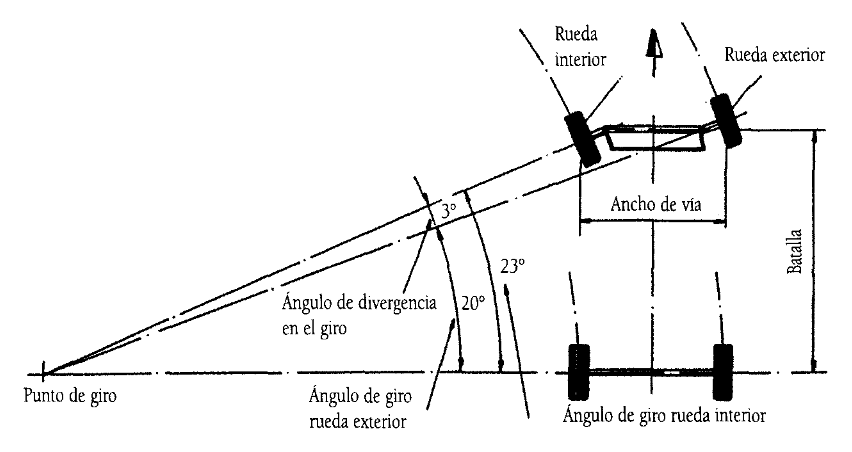


Figura 6.58.

8.2.16. Radio de viraje

Se define por Radio de viraje como el del menor arco que puede describir una rueda en una curva. Ya dijimos al principio del libro que según el actual Código de la Circulación éste Radio ha de ser al menos de 5, 50 m.

Cuando un vehículo toma una curva cada rueda describe **un arco con radio distinto y eje de giro común** O, figura 6.59. El eje de giro está situado en la prolongación del eje trasero y es el del arco de la curva al mismo tiempo.

Las ruedas delanteras describen arcos no concéntricos puesto que están situadas en el mismo eje situado de forma transversal a la carretera. La diferencia de giro será mayor cuanto mayor sea la vía E o distancia entre ruedas, por lo tanto la exterior gira un ángulo D y la interior un ángulo C, mayor.

La distancia entre ejes, **Batalla**, F, determina la necesidad de giro de las ruedas, cuanto menor sea la Batalla mayor giro deberán dar las ruedas y por lo tanto mas **maniobrabilidad** tendrá el vehículo. Un autobús de gran longitud, tiene mayor maniobrabilidad cuanto menor sea su batalla.

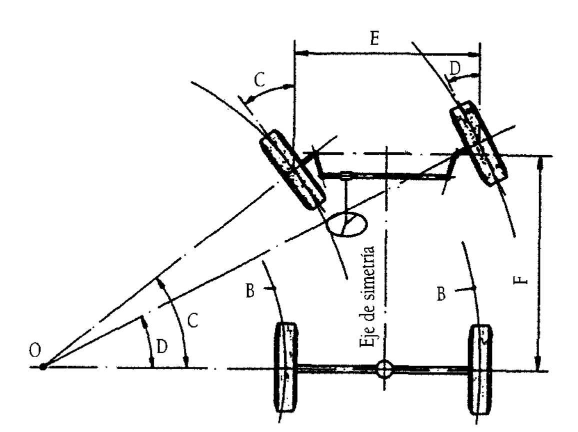


Figura 6.59.

Las ruedas traseras toman la curva describiendo ángulos concéntricos B, por lo que describen iguales trayectorias aunque con diferentes recorridos.; en algunos vehículos existe un ligero desplazamiento angular para mejorar su adaptación al dar una curva.

La comprobación del **radio de viraje** se hace situando el vehículo con las ruedas delanteras sobre una plataforma graduada y com-

probando las diferencias a un lado y a otro, que deben ser iguales.

8.2.17. Cuadrilátero de Ackerman

La **diferencia** en giro de las ruedas, el hecho de que una rueda pueda girar más que otra y que además sea **progresiva** esta diferencia según el ángulo girado con el volante, se pueden dar debido a la construcción formada por los **brazos de acoplamiento, barra de acoplamiento y uniones de los brazos con las manguetas**, todo ello forma un cuadrilátero A,B,C,D, cuadrilátero de Ackerman, su inventor. Figura 6.60.

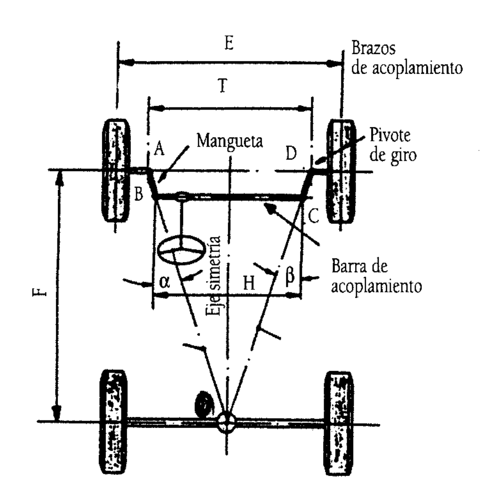


Figura 6.60.

La barra de acoplamiento es regulable pudiendo aumentar o disminuir el lado **menor** del cuadrilátero expresado, aumentando o disminuyendo también la convergencia en las ruedas.

Al mover con el volante de Dirección la barra de acoplamiento hacia un lado o hacia otro, los ángulos α y β, varían de forma que las ruedas interior y exterior a la curva giren los ángulos convenientes, más ángulo la interior, y que además la diferencia sea igual en los dos giros.

La longitud adecuada de la barra de acoplamiento consigue la cota de convergencia o divergencia dada por el fabricante que es lo que se mide. La longitud adecuada es la que hace coincidir, las prolongaciones de los brazos de acoplamiento que forman el cuadrilátero A,B,C,D, con el centro O del eje trasero en su corte con el eje de simetría del vehículo figura 6.61. Como es lógico tiene influencia la **batalla** o distancia entre ejes.

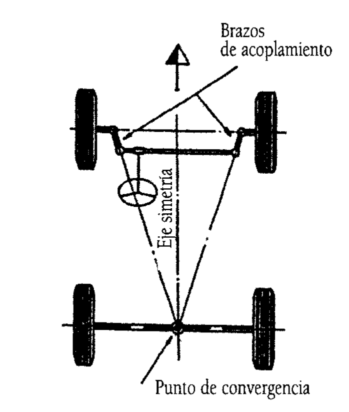


Figura 6.61.

Si por construcción del vehículo la barra de acoplamiento se encontrase por delante del eje delantero del mismo, en el lado opuesto de la figura 6.60, la distancia T de la barra de acoplamiento sería mayor que en el caso opuesto. Siempre de forma que los brazos de acoplamiento, sus prolongaciones, coincidan con el punto O, en el eje trasero del vehículo.

8.2.18. Ángulo de deriva

Cuando el vehículo circula por una curva la fuerza **centrífuga** se manifiesta en sentido perpendicular al arco descrito ejerciendo en todas sus piezas una acción de **empuje hacia fuera** de la misma. Figura 6.62

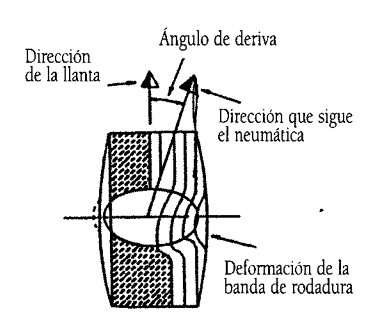


Figura 6.62.

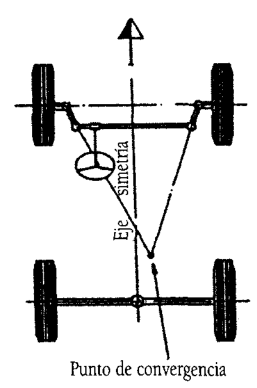


Figura 6.63.

La carrocería suele llevar estabilizadores para que no se incline demasiado.

Sobre las cuatro ruedas también se ejerce esa fuerza y considerando que por su parte superior están al aire, debido a la fuerza centrífuga se deforman **retorciéndose**, la parte inferior de la misma está pegada al pavimento y se resiste a la deformación. Como consecuencia de esta deformación por la parte de la cubierta que está arriba, el eje de giro de la rueda forma un ángulo con la dirección de la llanta metálica, obligando a virar la rueda hacia fuera de la curva, habiendo necesidad de corregir esta desviación con el volante de la dirección. Este ángulo de desviación es el **ángulo de deriva**. Depende de la altura de la rueda, de la velocidad que lleve el vehículo, del radio de la curva y de la posición que tenga la rueda al tomar la dirección de la misma.

La posición de la rueda tiene que ver con la Geometría de la Dirección, que además de conseguir un comportamiento adecuado, si las cotas de avance, salida, caída, convergencia y batalla están bien, se debe de comprobar el **paralelismo e igualdad de distancia** entre el eje delantero y el trasero. La falta de paralelismo en los ejes provoca un **arrastre** del lado del eje atrasado sobre el otro lado.

La construcción del cuadrilátero de Ackerman figura 6.61. define el punto de convergencia de los brazos de acoplamiento con el eje trasero y éste punto tiene influencia en la **deriva** de las ruedas.

Si el punto de convergencia, figura 6.63, está desplazado del eje de simetría del vehículo por algún golpe o deformación, el comportamiento se **altera** en la marcha, el vehículo no consigue la línea recta, no se endereza después de una curva, o tira a un lado.

Si el punto de convergencia se encuentra alineado pero detrás del eje trasero los ángulos de deriva en las ruedas delanteras son mayores que en las ruedas traseras, figura 6.64, y el vehículo se dice que es SUBVIRANTE, tiende en las curvas a "abrirse".

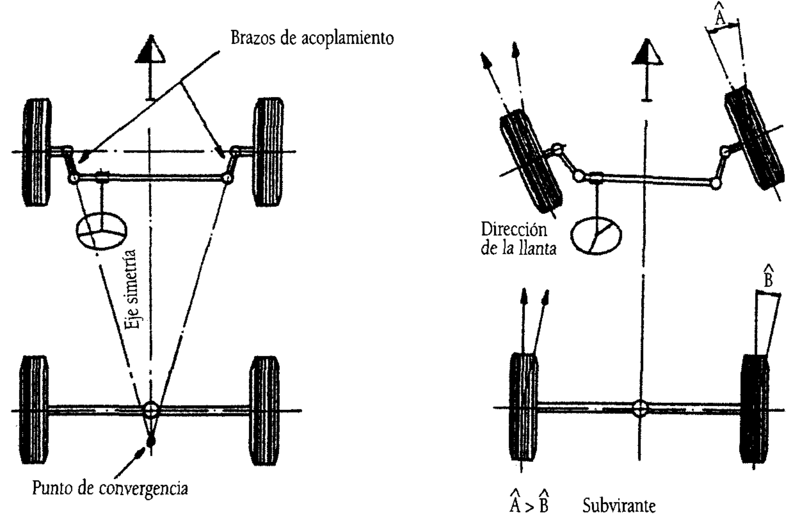
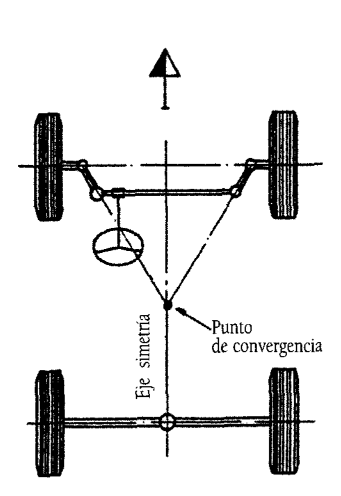


Figura 6.64.



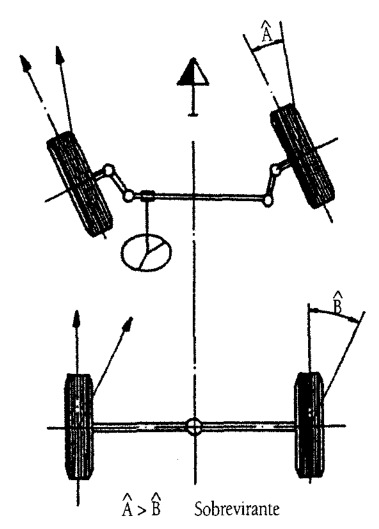


Figura 6.65.

Si el punto de convergencia se encuentra alineado, pero delante del eje trasero, figura 6.65, el ángulo de deriva es mayor en las ruedas traseras, y el vehículo se dice que es SOBREVIRANTE, tiende a virar más en las curvas.

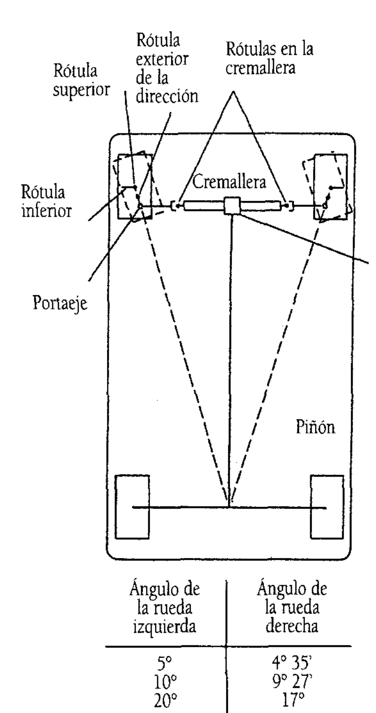
El vehículo sobrevirante es más estable y se pueden conseguir sus efectos si aumentamos la presión del neumático en las ruedas traseras, (a mayor tamaño del neumático mas deriva atrás) o disminuimos la convergencia (aunque la misma no debe sobrepasar lo especificado por el fabricante).

8.2.19. Geometría de Ackerman

Vamos a expresar algunas consideraciones sobre las tendencias actuales de los constructores.

En la figura 6.66 vemos una geometría normal de Ackerman en cuanto a la prolongación de los brazos de acoplamiento sobre el eje trasero. Con ésta construcción la rueda del interior de la curva gira más que la rueda del exterior, lo que conviene para el menor radio que emplean.

En la figura 6.67, la prolongación de los brazos de acoplamiento se cortan por detrás del eje trasero, el ángulo de deriva disminuye y el vehículo es Subvirador, lo que conviene para vehículos con poca carga, vehículos de carreras que giran menos la dirección.



Ángulo de la rueda izquierda	Ángulo de la rueda derecha
5°	4° 35'
10°	9° 27'
20°	17°

Figura 6.66.

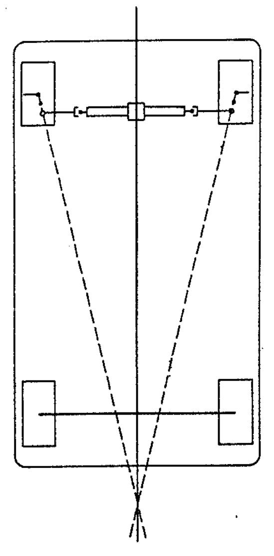


Figura 6.67.

8.2.20. Ackerman incrementado

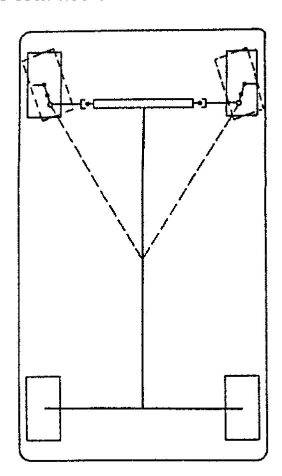
Los brazos de acoplamiento se cortan por delante del eje trasero, las ruedas tienen cierta divergencia, se reduce la subvirancia en las curvas, se puede utilizar en vehículos con suspensiones duras, mucha carga en la parte delantera y anchos neumáticos figura 6.68.

8.2.21. Factores que disminuyen la actitud subviradora

- Muelles delanteros de suspensión duros en la parte delantera. El coche salta con cualquier desperfecto de la carretera.
- Amortiguadores delanteros blandos.- El coche tarda en responder a la entrada en los virajes.
- Barras estabilizadoras muy duras delante. El coche se va de la parte delantera hacia fuera.
- Excesiva Convergencia
- Caídas desiguales positivas en las ruedas.
- Falta de Avance
- Falta de carga en la parte delantera por un mal reparto .
- Diferencial trasero autoblocante en exceso.

8.2.22 Factores que disminuyen la actitud subviradora

Todos los puntos anteriores la aumentan, haciendo lo contrario en cada uno disminuyen ésta acción.



Ángulo de la rueda izquierda	Ángulo de la rueda derecha
5°	4° 25'
10°	8° 57'
20°	17° 30'

Figura 6.68.

8.2.23. Factores que favorecen la actitud sobrevibradora

- Muelles traseros muy duros.
- Barra estabilizadora muy dura detrás.
- Poca acción del diferencial autoblocante.
- Poca carga aerodinámica trasera.
- Exceso de aplicación de potencia con eventual deslizamiento de los neumáticos.

8.2.24. Verificación del tren delantero

Cuando se lleva el coche al taller para "hacer el paralelo" como se dice vulgarmente, por estar mal la dirección, se suelen hacer las comprobaciones con las ruedas en posición "recta". El empleo de alineadores electrónicos sofisticados, suele dar buena impresión al usuario y determina en gran medida el grado de confianza sobre el trabajo a realizar.

Existen alineadores que no son electrónicos, (alineador Batalla) mucho más simples pero que tienen en cuenta una serie de factores que hacen que el verificar la dirección no se reduzca a "comprobar el paralelo".

La medición de la geometría de la Dirección ha de efectuarse en tres posiciones:

• Comprobación de la dirección en trayectoria recta

Poner el alineador según la figura 6.69 (1, 2 y 3) comprobando los puntos expresados.

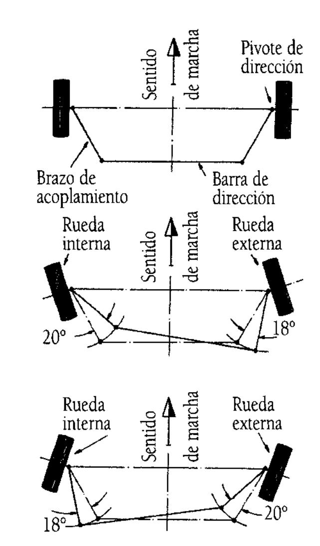
• Comprobación en giros de 20°. Defectos en los brazos de acoplamiento

Normalmente existe una divergencia en giros, ya explicada, la rueda del interior de la curva gira más que la exterior. Si no se conoce ésta divergencia en los giros la diferencia a un lado y a otro debe ser igual.

La figura 6.69, expresa una dirección con alineación correcta.

La figura 6.70, expresa defectos del trapecio de la dirección.

En la figura 6.71 se ve que cuando el valor del ángulo medido es menor que el indicado como normal, uno de los brazos de la dirección está torcido hacia fuera. Si el valor mayor o menor se manifiesta girando a la derecha el defecto estará en éste lado. Si se manifiesta girando a la izquierda el defecto estará en este otro.



1.- Con las ruedas en posición de trayectoria recta.
2.- Con las ruedas giradas 20° a la izquierda.
3.- Con las ruedas giradas 20° a la derecha.

Figura 6.69.

• Defectos en la barra de acoplamiento regulable

El trapecio de Dirección trabaja correctamente cuando la suma de los ángulos girados a la derecha y a la izquierda, en ambos lados son iguales. Figura 6.72.

Cuando el valor real doble, a un lado, es igual al del otro, la barra de acoplamiento y los brazos de acoplamiento están en buenas condiciones, el desfase a un lado como se ve en la figura 6.73, es debido a la torcedura del brazo de mando de la dirección o de la palanca de ataque.

En las figuras 6.74, 6.75, 6.76 se pueden ver más defectos del trapecio.

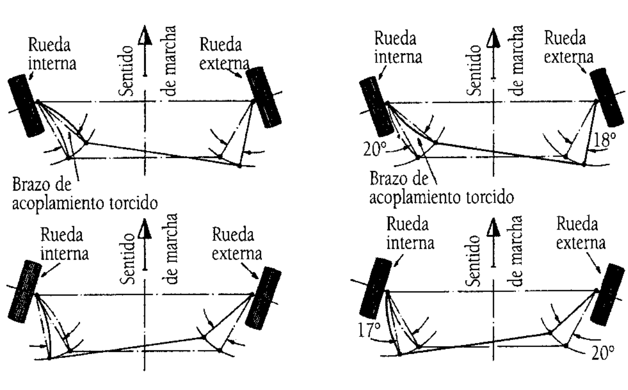


Figura 6.70. ***Figura 6.71.***

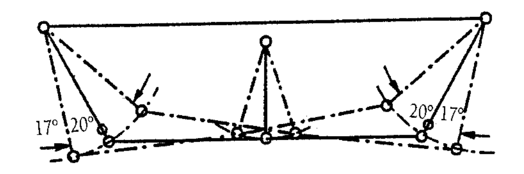


Figura 6.72.

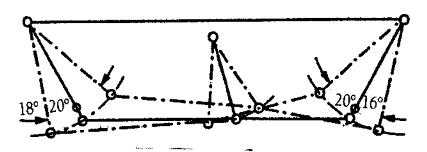


Figura 6.73.

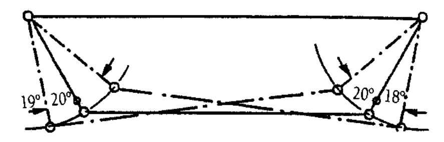


Figura 6.74.

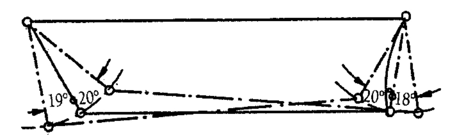


Figura 6.75.

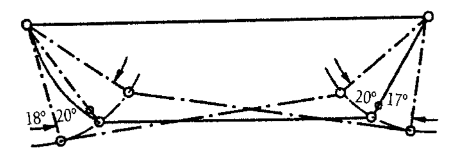


Figura 6.76.

8.3. Consideraciones sobre el tren delantero

Influencia de la altura de la Caja de la Dirección. La caja de la dirección está formada por la cremallera y el piñón de mando movido por la columna de la dirección, todo este conjunto forma parte de la barra de acoplamiento, regulable en longitud. Estamos hablando de la **dirección de cremallera.** Figura 6.77. Por medio de rótulas la barra de acoplamiento y caja de la dirección se unen a los **brazos de mando** b y éstos al plato soporte de la mangueta que sujeta la rueda h.

La **oscilación** d, de la suspensión hace variar la altura de la caja de la dirección lo que provoca variaciones en el paralelismo de las ruedas.

Al acelerar hay un desvío a un lado.

Al frenar un desvío al opuesto.

En malas carreteras hay cambios de trayectoria.

En la figura 6.78 se ve que si la barra de acoplamiento b es paralela a los triángulos T, T unidos a la mangueta, cualquier oscilación vertical de la suspensión no provoca variación de paralelismo en las ruedas.

En la figura 6.77 se ve que el brazo b no es paralelo a los triángulos T,T, por lo que las oscilaciones de la suspensión provoca alargamientos o acortamientos de las bielas b, variando el paralelismo de las ruedas.

La forma de comprobar la altura de la caja es con un alineador que tenga útil para comprimir a ambos lados la carrocería (alineador Batalla de Trabazola, Bilbao, España), una vez comprimida la parte delantera unos 50 centímetros, con el vehículo puesto sobre los círculos del alineador, se miden las cotas de convergencia, comprobando si han variado con la compresión, respecto de la medición realizada con el vehículo libre.

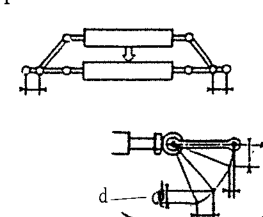


Figura 6.77.

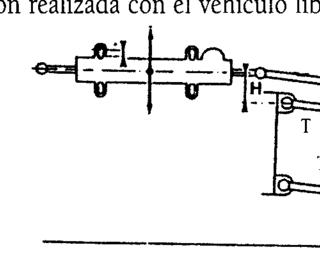
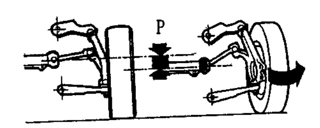


Figura 6.78.

8.4. PESO SUSENDIDO Y PESO COMPRIMIDO

Peso suspendido es el que carga en el eje delantero y trasero; carrocería, ocupantes, asientos, instalación eléctrica, están apoyados sobre los elementos de la suspensión y ballestas. El peso comprimido son los ejes, las ruedas y está formado por el suyo propio mas el peso suspendido. Figura 6.79.

Los elementos que unen el peso suspendido y el peso comprimido son los elementos de la suspensión y si están bien, las variaciones p de la caja de la dirección serán mínimas, tales variaciones, provocan, como se ve en la figura, que la convergencia y la caída, cambien con las oscilaciones, a lo más que se puede aspirar es que los cambios sean mínimos, con buenos elementos de suspensión y buena regulación de la altura de la caja de la dirección como ya hemos explicado.



Variación que experimentan los ángulos de caída con la carga "P" aplicada

Figura 6.79.

Los efectos que produce la variación de la altura de la cremallera, se ven en la figura 6.80, donde la altura aumenta o puede disminuir el avance del pivote.

8.5. COMPROBACIONES DEL TREN DELANTERO

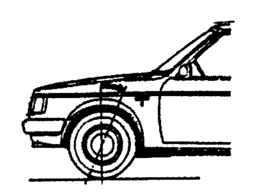
Antes de proceder a la comprobación de las cotas: Avance ,Salida, Caída, Convergencia/o Divergencia, Batalla, Comprobaciones en giros a 20°, es preciso verificar los siguientes puntos y remediarlos de forma eventual.

Neumáticos

Dimensiones,
Presiones de aire
Estado de la superficie de la cubierta.

Rótulas y rodamientos:

Comprobación del estado de las rótulas de dirección
Comprobación de los cojinetes elásticos.
Comprobación de la holgura de rodamientos.



Suspensión:

Estado general balanceo del coche.
Simetría inferior (altura del piso en tos los lados).

Dirección:

Determinación del punto medio girando el volante a tope hacia un lado y a otro y haciendo una marca en el punto medio de las vueltas dadas.

Una vez realizadas las comprobaciones se pueden medir las cotas con el alineador.

Al ajustar la convergencia se debe respetar la cota X de la barra de acoplamiento repartiendo longitudes a ambos lados, como norma general una vuelta del manguito equivale a un aumento o disminución de 3 mm. de longitud, unos 30´ de giro de rueda. Figuras 6.81, 6.82, 6.83 y 6.84.

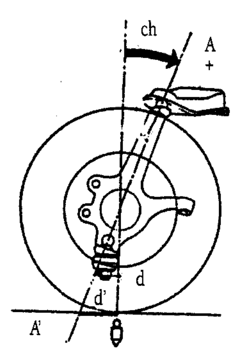


Figura 6.80.

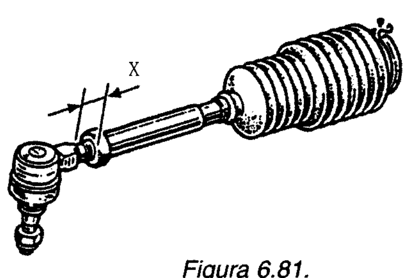


Figura 6.81.

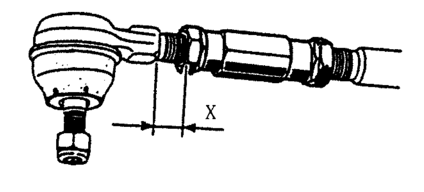
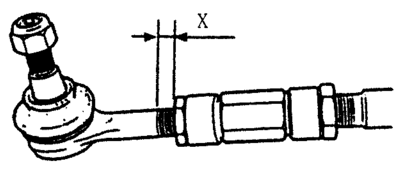
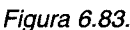


Figura 6.82.




Figura 6.83.

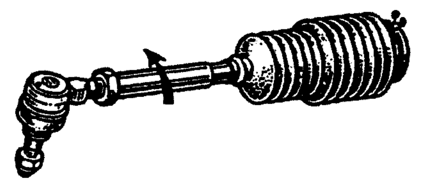


Figura 6.84.

9. AVERIAS EN LA DIRECCION

1ª. La dirección es dura (Fig. 6.2).

La dureza de una dirección se revela, sobre todo, en marcha moderada, y las causas pueden ser las siguientes:

a) Presión demasiado baja en los neumáticos: es lo primero que se ha de comprobar. Si alguno se ha cambiado, asegurarse que es de la medida exacta que el de la otra rueda, y que ambos son de la prevista y recomendada por el fabricante; a veces, creyendo mejorar la suspensión, se cambian las cubiertas por otras mayores o más blandas, y se estropean las cualidades de la dirección.

b) Falta de engrase en el cárter del engranaje de la dirección, en las articulaciones y charnelas del brazo de mando R, biela L, palanca de ataque P, brazos de acoplamiento A, pivotes o barras de acoplamiento B. Todas estas articulaciones y el cárter de la dirección han de tenerse cuidadosamente engrasados con valvolina. No debe olvidarse el collar por el que suele sujetarse la columna C al salpicadero o tablero que, si lleva abrazadera de caucho, se "lubrica" con polvos de talco.

c) Muelles de suspensión (ballestas, resortes, barras) vencidos, flojos, cedidos, aplastados o rotos. Remedio: darle "punto" o ponerlos nuevos, según el caso.

d) Inclinación desigual en las ruedas, o sea, que una rueda tiene más caída que la otra; o caída escasa e incluso negativa, ruedas "espatarradas": en este último caso lo probable es que haya de enderezarse el eje si es rígido o rehacer el montaje si es suspensión independiente (salvo el caso de resortes o barras flojos, sin tensión).

e) Demasiado avance. Comprobarlo y rectificarlo.

f) El tornillo que regula el juego u holgura del engranaje está excesivamente apretado.

g) El eje delantero, las manguetas o los pivotes están falseados por algún choque. También pueden haberse torcido la barra de acoplamiento B o la biela L.

h) Alguna articulación juega con dificultad, por golpe, rotura o atoramiento.

i) Hay aire en el sistema.

j) La bomba no manda suficiente presión.
k) El filtro está sucio o roto.
l) Las articulaciones cardan o la columna están agarrotadas.

2ª. El vehículo rodando en recta tiene tendencia a irse a un lado.
a) La causa más frecuente es que los neumáticos delanteros no estén igualmente inflados; si se suelta el volante, el vehículo se va hacia el lado del neumático flojo. Esto sirve para darse cuenta de los pinchazos en las ruedas delanteras antes de que se desinfle por completo la cámara.
b) Cubiertas de distintos tamaños o muy diferentemente gastadas, en las ruedas delanteras.
c) Exceso o falta de convergencia, que puede ser por haberse falseado, combado la barra de acoplamiento en un tropiezo con algún obstáculo o choque con una piedra.
d) Muelles de suspensión vencidos.
e) Sujeción de las ballestas flojas.
f) Caída desigual en las dos ruedas, o el avance (menos probable).
g) Las manguetas están falseadas; reparación de taller y alineación del eje. Es posible esta avería cuando el conductor poco cuidadoso arrima el vehículo al bordillo de las aceras: un pequeño choque de las ruedas con aquél, por el gran brazo de palanca del golpe, produce este enojoso contratiempo.
h) Un muelle trasero roto o vencido.
i) Un amortiguador estropeado.
j) Falta aceite en el conjunto.
k) Existe aire en la instalación.
l) Juego en las rótulas de dirección.

3ª. El volante presenta demasiada holgura.

Este juego es conveniente para la elasticidad de la dirección; pero si es excesivo debe disminuirse hasta dejarlo en dos o tres centímetros de movimiento en el aro del volante, que es lo normal. Más de seis centímetros es señal de que se necesita un arreglo. En el cárter del engranaje suele ir un tornillo, o varios, de reglaje y con él se gradúa el juego si la causa es desgaste del sector dentado S.

El huelgo también se produce por el desgaste simultáneo de todas las articulaciones de la dirección; se previene cuidando del engrase, y se corrige encasquillándolas de nuevo en un taller.

Si el volante gira loco entre las manos del conductor mientras el vehículo marcha en recta, o las ruedas no obedecen y tiran de él, hay rotura de una articulación de la dirección o del sistema de suspensión. Debe pararse frenando suavemente hasta notar que no se desvía, y entonces pisar progresivamente el freno.

4ª. Dirección inestable.

Un "vagabundeo" en la dirección es debido, casi siempre, como ya se dijo más atrás, a falta de avance en el pivote.

Algunas veces sucede que marchando a determinadas velocidades, y sobre todo en cuesta abajo, las ruedas delanteras oscilan como abanicándose, repercutiendo en el volante de modo desagradable, "shimmy" a baja o media velocidad. Unas veces las oscilaciones llevan el vehículo de derecha a izquierda; otras, no lo apartan de la dirección de su marcha, limitándose a balancearse las ruedas, con golpeo en la dirección. Debe revisarse lo pri-

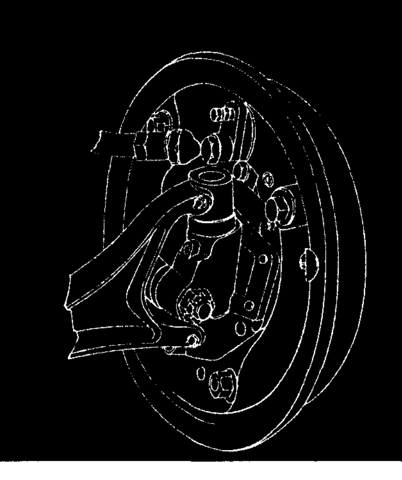
mero el grado de inflado de los neumáticos, luego el apriete y estado de las abrazaderas y gemelas de las ballestas, juego de engranaje, holgura de las ruedas sobre sus manguetas (no deben oscilar más de dos milímetros medidos en llanta, que es casi inapreciable), estado de los resortes de las articulaciones elásticas de la biela, todas las demás articulaciones y los pernos que ligan al bastidor el cárter del engranaje; por último, el equilibrio de las ruedas por si llevan un peso excéntrico, su centro de gravedad no coincide con el eje de giro: se comprueban en aparatos de taller especializado y se equilibran con pequeños pesos distribuidos por la periferia. Esta revisión, aunque larga de enumerar, se hace rápidamente y con facilidad en un taller experto.

Si la causa no es ninguna de las enumeradas, se ensayará reduciendo el avance del pivote, en cuyo valor excesivo puede radicar el contratiempo de que se trata; para ello; si el eje es rígido, se cambiará la cuña que quizá exista entre eje y la ballesta (Fig. 6.19-3) por otra más plana, y si no hay cuña se colocará una en sentido contrario. Si la suspensión es independiente, ya quedó indicado donde se pueden encontrar los reglajes.

Si la dirección se nota inestable al frenar, se comprobará en primer lugar el reglaje de los frenos, sus zapatas por si están engrasadas, el grado de avance, después las causas citadas en el párrafo anterior.

Si las oscilaciones aparecen rápidas y fuertes a mayores velocidades, resultan peligrosas, pues llega a perderse el dominio de la dirección, "shimmy" de velocidad; si no radicara la causa en alguna de las enumeradas más atrás se ensayará el aumento de avance y en último término se remedia colocando un amortiguador con una rama sujeta al eje rígido delantero y la otra a la barra de acoplamiento: cuando se manda la dirección con el volante el movimiento es relativamente lento y el amortiguador no ofrece resistencia apreciable; pero si la barra oscila rápidamente con relación al eje, "shimmy", el frenado del amortiguador resulta suficientemente enérgico para cortar el abaniqueo de las ruedas.

Con las ruedas independientes, las causas que originan las averías citadas se localizan menos fácilmente por no presentarse tan diferenciados los síntomas de contratiempos distintos. Corresponde al conductor examinar atentamente los puntos citados para cada avería, en especial la presión de inflado de los neumáticos, huelgo de las articulaciones y su debido engrase, nivel del líquido o estado de los amortiguadores, que a veces son el único punto débil de las suspensiones modernas, flexibilidad de los resortes y longitud de los mismos, iguales para los de una y otra rueda en piso horizontal; si el motivo de la anormalidad no aparece en este examen se acudirá a un taller especializado.



Capítulo 7

Frenos

1. INTRODUCCIÓN

Para contener la marcha del automóvil se aprovecha, en primer lugar, la resistencia al giro que opone el motor cuando es arrastrado desde las ruedas motrices por el impulso del vehículo. Al levantar el pie del acelerador, el motor tiende a caer a ralentí de modo que su giro forzado frena y disminuye la velocidad. Este uso del motor como freno es continuo en la marcha normal y, por ello, los mecanismos de rueda libre y desembrague automático tienen las limitadas aplicaciones que se explicaron.

En un automóvil de potencia media la aceleración proporcionada por el motor es muy poderosa, y desde el momento del arranque hasta alcanzar los 60 Km/h transcurren, por ejemplo, unos quince segundos, durante los cuales recorre alrededor de los 140 metros; si a esa velocidad se aplica la máxima fuerza de los frenos, el vehículo se detiene aproximadamente a los veinte metros en unos dos segundos y medio, es decir, que la *deceleración* conseguida es casi seis veces mayor que la aceleración capaz de proporcionar el motor, y si la potencia de éste es de sesenta caballos, la que representa el rápido esfuerzo de los frenos resultaría más del doble.

El frenado consiste en la aplicación de una superficie fija contra otra giratoria. El rozamiento contiene el giro de la parte móvil, convirtiéndose la energía absorbida en calor, que se disipa por radiación a la atmósfera. La finalidad de los frenos consiste en "retener" y "parar" el vehículo. La condición esencial que se exige a un sistema de frenado es la de conseguir la menor "distancia de frenado" posible, cumpliendo una serie de requisitos:

Eficacia: Con un esfuerzo sobre el pedal lo suficientemente débil, en un tiempo y sobre una distancia mínimos.

Estabilidad: el vehículo debe conservar su trayectoria sin "derrapaje", desviaciones ni reacciones en el volante.

Comodidad: de manera progresiva, con un recorrido de pedal razonable, sin ruidos ni trepidaciones.

Y todo ello en todas las circunstancias posibles; con el vehículo vacío o con carga, a cualquier velocidad, en llano, subida o bajada, en recta o en curva, nuevo o usado, cualesquiera que sean las condiciones del piso.

2. TRANSFERENCIA DEL PESO DURANTE LA FRENADA

Teóricamente, el esfuerzo de frenado debiera distribuirse entre las ruedas delanteras y traseras en función del peso que soportan, el cual varía según la disposición del motor, número y distribución de los ocupantes y equipaje transportado y su distribución.

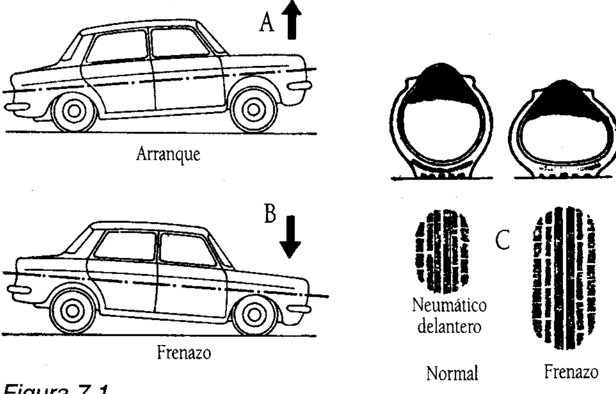


Figura 7.1.

Así como al arrancar o acelerar el vehículo tiende a "encabritarse" (Fig. 7.1-A), en el momento del frenado (B) hay una transferencia de la carga, el tren trasero se aligera y el delantero se sobrecarga, se aplastan los neumáticos (C) aumenta la superficie y la fuerza de adhesión. Los frenos se disponen de manera que actúen más intensamente en las ruedas delanteras, ya que su mayor adherencia aleja el punto de blocaje. La frenada es eficaz en tanto no se bloqueen las ruedas, es decir, mientras giran rodando, o sea, sin la cubierta "agarrando" al piso; *Los frenos paran las ruedas, pero los neumáticos detienen el vehículo.* Si un exceso de frenado paraliza el elemento giratorio, la cubierta resbalará sobre el pavimento, el agarre será mucho menor, y se perderá el control.

Si se deja ir a un vehículo por una pendiente con las ruedas de un eje bloqueadas, o sea, que las de un eje pueden girar y las del otro resbalan, el vehículo se coloca siempre de modo que el eje agarrotado va por delante. Esto parece extraño a primera vista, pero se puede comprobar fácilmente con un coche de juguete sobre un largo plano bastante inclinado para que escurra por él.

Ahora bien, al frenar (Fig. 7.1-B), el peso se va hacia adelante y las ruedas traseras se aligeran, pierde adherencia o agarre al suelo y si la frenada es fuerte se bloquean porque dicho agarre no tiene fuerza para vencer el apriete de las zapatas que tiende a pararlas. Por tanto, son las que corren el riesgo de bloquearse, y si lo hacen tenderán a colocarse delante, o sea, que el automóvil se irá de zaga, coleando y perdiéndose el control de su dirección. Esta es la explicación del patinazo con "derrape" y coleo.

Por estos motivos, conviene evitar un exceso de frenado en las ruedas traseras, que no lo soportan, resultando peligroso. En cambio, un exceso en las delanteras podrá hacerlas patinar, pero sin riesgo de coleo, porque ya van delante. Para que las traseras no se bloqueen se han ideado varios sistemas, pero su complicación y coste no permiten aplicarlos a todos los vehículos.

Si embargo, algunos dispositivos más sencillos podrían aliviar el problema, dando algo más de seguridad. El sistema Renault consiste en una válvula reguladora puesta en la tubería que lleva el líquido a los frenos traseros; cuando la presión pasa de un valor determinado (frenazo), vence el muelle de la válvula y ésta cierra el paso del líquido, que sólo podrá ir a aumentar la presión delante.

Otra condición a cumplir por los frenos es que la frenada debe ser idéntica para las ruedas de un mismo tren pues de no cumplir este requisito el vehículo tirará del lado de la rueda que frene más.

3. EFICACIA DE LOS FRENOS

Los constructores de automóviles procuran disponer de mecanismos y repartir el peso de modo que casi todo éste se aprovecha para obtener adherencia útil; la máxima eficacia de los frenos, en este sentido, se dice que es del cien por cien cuando la fuerza del frenado es igual al peso del vehículo. Normalmente se consideran buenos frenos a los que tienen una eficacia del orden del ochenta por cien, del cual es difícil pasar; aceptables del orden de cuarenta y de este valor para abajo deben considerarse malos.

La "distancia de frenado" D, espacio recorrido por el vehículo desde que se actúa sobre los frenos hasta que queda completamente parado, depende de varios factores: presión ejercida sobre el pedal del freno, velocidad del vehículo, estado de los neumáticos, adherencia, fuerza y dirección del viento, peso del vehículo, naturaleza y estado del pavimento; para una velocidad V, con buenas cubiertas, sobre piso de hormigón o asfalto rugoso, y suponiendo una eficacia del ochenta por cien en los frenos, puede calcularse aproximadamente por la fórmula:

$$D(\text{metros}) = V^2(\text{Km.p.h.})/200$$

A continuación se exponen las distancias aproximadas de parada para distintas velocidades, en las condiciones señaladas:

Velocidad en kilómetros por hora	DISTANCIA DE PARADA EN METROS		
	Buenos frenos	Valores tolerables	Frenos malos
20	2	3,1	4
30	4,5	6,9	9
40	8	12,3	16
50	12,5	19	25
60	18	27,7	36
70	24,5	37,6	49
80	32	49,3	64
90	40,5	62,5	81
100	50	77,3	100

La comprobación no es sencilla de hacer y requiere el promedio de varios ensayos porque no se precisa bien el momento de iniciar la frenada, "tiempo de reacción" o de reflejo que transcurre desde que el conductor percibe el obstáculo hasta que actúa sobre el pedal del freno y durante el cual el vehículo recorre una distancia; la velocidad más fiable después de comprobar el cuentakilómetros, que suele marcar hasta un diez por ciento de exceso, es la de 50 kilómetros por hora,. Hay aparatos que, sujetos al parabrisas o la columna de la dirección, permiten la comprobación inmediata de la eficacia de los frenos, y en muchos casos se exige un mínimo(1).

En el cuadro anterior se comprueba que *a doble velocidad no corresponde doble distancia de parada, sino cuádruple*. Esto se debe a que la fuerza necesaria para contener un vehículo es directamente proporcional al peso, a doble peso doble fuerza, pero en cuanto a la velocidad lo es a su cuadrado; a doble velocidad cuádruple fuerza; a triple velocidad, nueve veces más fuerza.

En resumen, el conductor debe saber que cuanto más cargado vaya el vehículo, mayor será el esfuerzo pedido a sus frenos, pero que a doble velocidad precisa para detenerse un espacio cuatro veces mayor.

4. TIPOS DE FRENOS

4.1. Freno de tambor

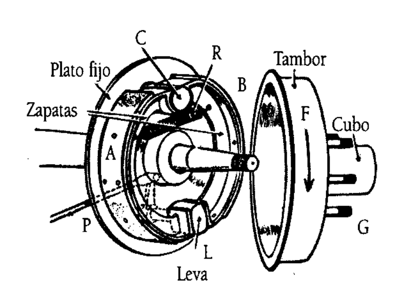


Figura 7.2.

Es un freno de fricción en el que las superficies de frotamiento están constituidas por la interior de un tambor giratorio situado en la ruedas del vehículo y una parte fija generalmente constituida por unas zapatas interiores (Fig. 7.2) A y B, forradas de amianto o de compuestos a base de fibra de vidrio, articuladas en un eje C fijo con un plato-soporte solidario al chasis; una leva L, o un bombín hidráulico, situada entre los extremos de las zapatas, las abre cuando se tira de la varilla P unida a la palanca que manda el eje de levas, o cuando se actúa sobre un circuito hidráulico, y las aplica contra las paredes interiores del tambor F, que gira con la rueda sujeto a los espárragos G.

En la posición normal, es decir, cuando no se frena, las dos zapatas oprimen a la leva por acción del resorte R, quedando separadas del tambor la holgura conveniente, de una décima a un milímetro.

4.1.1. Disposiciones de las zapatas

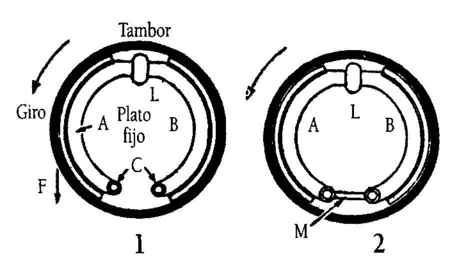


Figura 7.3.

La articulación C (Fig. 7.2) de las zapatas puede ser común a ambas o bien tener cada zapata la suya (Fig. 7.3). En cualquier caso, al iniciarse el frenado, en cuanto la zapata A roza con el tambor, es agarrada por éste, que la aplica contra sí mismo: se produce un acuñamiento de la zapata contra el tambor y la fuerza de fricción F se añade a la acción del separador L, de modo que hay un efecto de autofrenado o "servo". En cambio, en la zapata B ocurre lo contrario, pues la fuerza de rozamiento se apoya en el separador L, oponiéndose a su acción, por lo que esta zapata frena menos que la A y se llama "secundaria". En la práctica se comprueba que la "primaria" frena tres veces más, desgastándose en la misma proporción. En la figura 7.2, girando el tambor a izquierdas como marca la flecha F, resulta zapata primaria la B, porque al comenzar a rozar con el tambor se acuña entre éste y el apoyo C. Girando al revés el tambor, por ejemplo con el coche en marcha atrás, la zapata principal será A, y secundaria la B.

Puesto que si la zapata secundaria frena como uno la primaria lo hace como tres, el efecto obtenido es como cuatro para cada sentido de giro de la rueda. Si se consigue que ambas zapatas sean principales, el frenado será como seis para un sentido de giro de la rueda, marcha adelante, pero en marcha atrás las dos resultarán secundarias, y el frenado

será como dos. Por ello, y dado que el esfuerzo de frenado conviene mayor cuando el vehículo marcha hacia delante, se recurre a dispositivos que hagan ambas zapatas principales, pero casi siempre tan sólo en las ruedas delanteras. En las traseras se dejan una principal y otra secundaria, para tener buenos frenos en las maniobras con marcha atrás.

Hay muchas disposiciones que consiguen el objetivo de hacer ambas zapatas principales, casi todas independientes de que el mando de los frenos sea hidráulico o mecánico. Una de las más corrientes es la llamada "dúo-servo" (Fig. 7.3-2), que cuelga las zapatas holgadas en un punto del plato, a la altura del separador L, dejándolas como flotantes, y enlaza sus extremos libres por la barrita M, muchas veces usada para el reglaje, como luego se dirá. El efecto servo en la A se repite en la B porque M recibe el empuje desde la A y se aplica contra el tambor libremente, como en aquélla. Con más detalle se representa este sistema en la figura 7.4. Las zapatas A y B están enlazadas por la varilla regulable R, y los extremos próximos al separador L cuelgan y juegan con holgura sobre un tetón fijo C. El frenado es igualmente enérgico, y este tipo Béndix suele montarse igualmente en las ruedas traseras que en las delanteras. El plato-soporte lleva dos orificios 1 y 2 para verter dos gotas de aceite de tarde en tarde. Con mando mecánico, la disposición es idéntica, salvo que en vez de cilindro separador L hay una leva cuyo eje de giro es precisamente C, como puede verse en la figura 7.7.

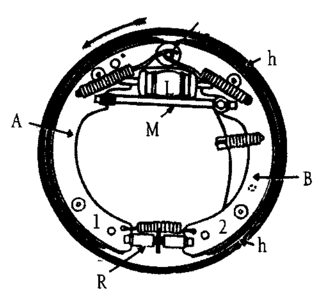


Figura 7.4.

Un artificio empleado a veces para compensar la debilidad de frenado en la zapata secundaria es ponerle un pistón separador de más diámetro, aprovechando la propiedad hidráulica: el cilindro de freno G (Fig. 7.13) tendrá dos calibres, el mayor de ellos para la zapata secundaria A.

La disposición más empleada modernamente para las ruedas delanteras provista de frenos Lockheed o Girling, que son con Béndix las tres marcas más usadas, es un cilindro independiente para cada zapata (Fig. 7.5). Así, ambas zapatas son principales y cada una tiene su propio cuerpo de bomba. Estos son los cilindros A y B, fijos al plato-soporte P. La organización es idéntica para las dos zapatas. El cilindro A lleva en su extremo izquierdo, que es el cerrado o fijo, fondo del cuerpo de bomba, un apoyo holgado para la zapata J, en tanto que su pistón empuja por la derecha la zapata D mediante la pieza K, en forma de doble horquilla. Supuesto el giro del tambor en el sentido de la flecha, ambas zapatas al frenar se presentan de punta al tambor, que tiende a acuñarlas contra sí en la forma que ya se explicó en la figura 7.3-1.

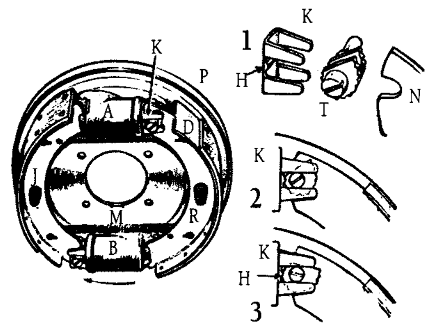


Figura 7.5.

En los Lockheed, dentro de la horquilla K (Fig. 7.5, detalle 1), encaja el eje con cabeza de tornillo T, que tiene las dos levas onduladas y que viene a apoyarse en el resalto H de la horquilla K. El extremo de la zapata lleva una muesca N que entra y apoya en el eje T entre dichas levas. El freno alojado queda como indica el detalle 2. En las ruedas traseras (Fig. 7.6), esta disposición tiene una zapata principal y otra secundaria para tener igual

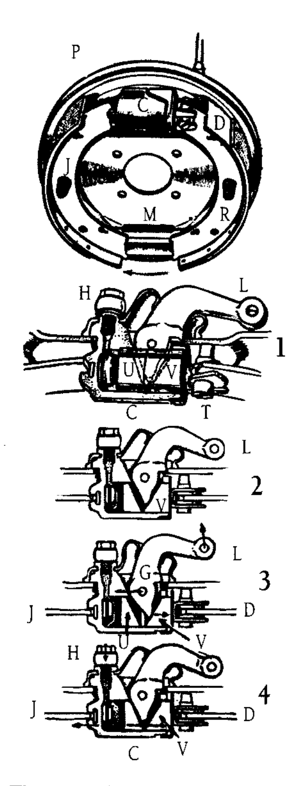


Figura 7.6.

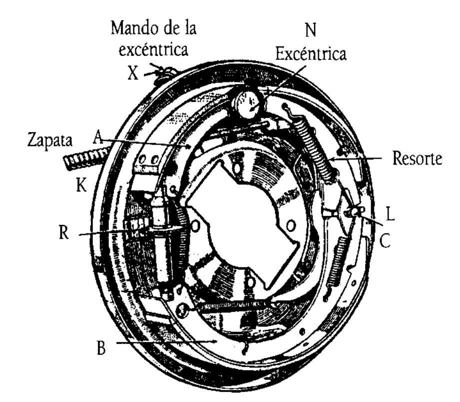


Figura 7.7.

y apreciable fuerza de frenado en ambos sentidos de marcha. El cilindro único C está montado deslizante sobre el plato soporte P, de modo que su pistón empuja por la derecha la zapata D y el cuerpo del cilindro lo hace por la izquierda a la J. Las zapatas D y J están articuladas abajo, sobre la pieza que se ve bajo el muelle de unión M. En el detalle 4 se explica la acción del frenado cuando el líquido llega a presión por H; el pistón empuja según la flecha a la derecha la zapata D y el cuerpo del cilindro C se desliza según la flecha a la izquierda contra la zapata J.

En todas las ruedas, delanteras o traseras (Fig. 7.5 y 7.6), las zapatas tienen sus extremos no mandados apoyados con holgura sobre la cara tapada o fondo de los cilindros de bomba, con el objeto de que al accionarlas ellas mismas se acomoden y apliquen mejor contra el tambor. Están ligeramente atraídas contra el plato soporte por la acción de los débiles resortes RJ.

Como las zapatas cuelgan del plato, cuando éste es grande hay unas excéntricas (Fig. 7.7) que las sostienen cerradas y que permiten ajustarlas debidamente en su posición. La holgura entre las zapatas y el tambor, que se ha quitado en esta figura para ver las partes fijas, se gradúa variando la longitud de la pieza de unión R, compuesta por un manguito roscado unido a una zapata y su macho enlazado a la otra. Las zapatas se mantienen apretadas entre sí y ceñidas a la leva L por los resortes visibles en la figura, que representa en realidad un freno dúo-servo Béndix de mando mecánico.

4.1.2 Tambores y zapatas de freno

La superficie frotante del tambor debe ser resistente al desgaste y a las deformaciones que por el calor desarrollado y la presión de apriete está expuesta a sufrir. El mejor material es la fundición centrifugada, y si la parte resistente exterior del tambor se hace de acero, lleva casi siempre un forro interior de fundición con objeto de que sea este material el que frote con el forro de las zapatas.

Como el freno está formado por el tambor móvil y la tapa fija que soporta las zapatas, la unión entre ambas (Fig. 7.8, que representa un freno hidráulico, pero válida para los mecánicos) se organiza con unas pestañas P de modo que el agua no pueda penetrar nor-

malmente. Cuando se lava el vehículo es práctica corriente, pero viciosa, quitar el barro de las ruedas con chorro fuerte de la manga, con lo que el agua moja los frenos; por ello debe efectuarse esta limpieza con chorro débil y cepillo. El efecto del agua en los frenos es, a primera vista, hacer su acción más enérgica; esto se debe a la fina capa de óxido que rápidamente se forma en la superficie frotante del tambor, pero que es arrastrada en cuanto se frena un par de veces. Después, la acción cae por debajo de la normal mientras siguen mojados los forros, y si bien se restablece el efecto del frenado al secarse las superficies frotantes, el agua alcanza a oxidar los ejes y pivotes de las levas, articulaciones, resortes, etc.

Para que el aceite que rebosa de los cojinetes de la rueda no alcance a engrasar la zapata, la tapa del tambor puede llevar un anillo colector, de forma cónica, que abarca dichos cojinetes, y del cual puede salir el lubricante al exterior por el orificio O.

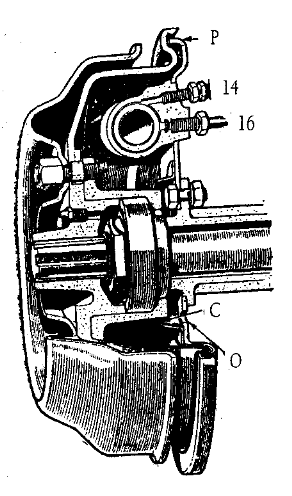
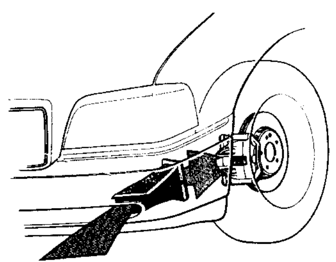


Figura 7.8.

Al principio de este capítulo sobre "frenos", se advirtió la enorme energía que deben absorber, transformándola en calor por el rozamiento de las zapatas contra los tambores, y también de las cubiertas sobre el suelo. Aunque los tambores son muchas veces nervados, tanto para aumentar su resistencia como para que los nervios hagan de aletas refrigerantes, si los frenos se aplican con insistente frecuencia, por ejemplo bajando una larga pendiente, acaban por calentarse en exceso, el frotamiento va perdiendo agarre y pueden llegar a fallar los frenos por "fading", desvanecimiento de su fuerza de roce. Para aumentar la capacidad de disipación de calor, algunos tambores se refrescan con una corriente de aire provocada por su propio giro (Fig. 6.5); las bocas radiales actúan como aletas de una bomba centrífuga y provocan una corriente de aire que sale por ellas después de recorrer el interior. En otras ocasiones (Fig. 7.9), se dirige el aire a través de un canal guía.

Los forros de freno, análogos a los de embrague, consisten en un tejido prensado de amianto o fibra de vidrio, a veces sobre armazón de hilos de latón y plomo, que se sujeta con remaches de latón, con cabeza embutida en el tejido para que no froten contra los tambores de fundición. Como ésta no es exactamente igual en todos los automóviles, conviene usar el forro adecuado a los tambores del vehículo para obtener el roce más conveniente. Lo mejor cuando han de reponerse los forros desgastados es colocarlos de la misma clase usada por el fabricante del automóvil, o bien del tipo recomendado por una marca de forros conocida y acreditada en el mercado. Se comprende que por razones de propia seguridad deben emplearse forros de buena clase.


Figura 7.9.

En la actualidad, los forros se moldean a presión, y se fijan adhiriéndolos a las zapatas por medios termo-plásticos. Los forros moldeados, aunque "agarran" un poco menos que los tejidos tienen las ventajas de durar más, no ser apenas afectados por el agua, y seguir "agarrando" sin fallar aún calentándose fuertemente. Algunas zapatas modernas tienen el forro pegado por trozos, dejando entre ellos espacios libres por los que circula el aire de enfriamiento.

Es corriente designar los forros con la palabra "ferodo", pero ésta no es una denominación genérica, sino una marca de fábrica.

4.2. Frenos de disco

Su fundamento es el mismo que el de las de pinzas sobre las llantas de bicicletas (Fig.7.10-1): el cable B tira y bascula las horquillas M que oprimen sus zapatas F contra la llanta de la rueda. En el automóvil (2), la presión hidráulica por H y J llega a los cilindros C, cuyos émbolos E se desplazan y oprimen las "pastillas" frotantes F sobre ambas caras del disco D unido a la rueda.

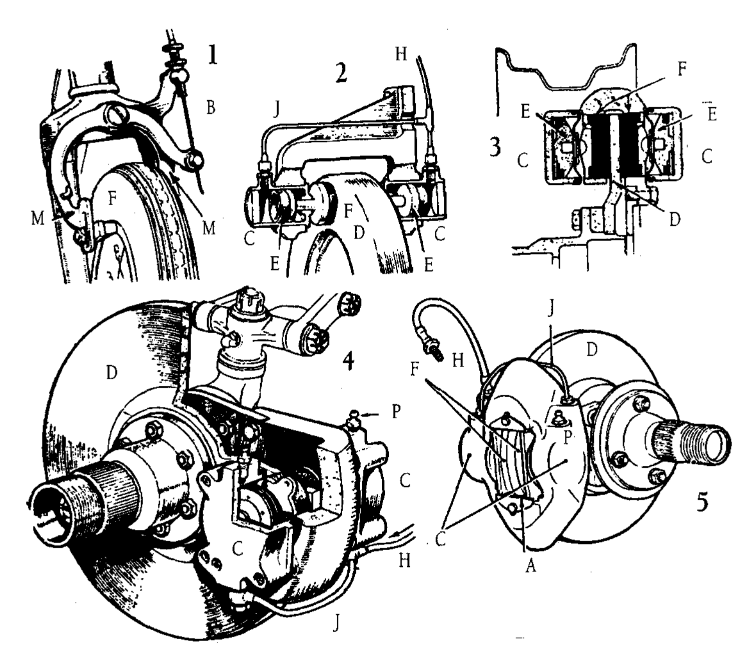


Figura 7.10.

El uso de cubiertas de grandes secciones, infladas a baja presión, da mayor superficie de apoyo en el suelo y, por tanto, más agarre de los neumáticos sobre el pavimento, con lo que los frenos pueden ser más potentes. En los de tambores se ha llegado prácticamente al límite, y se calientan mucho cuando se usan con insistencia, porque no tienen buena ventilación para disipar el calor que les viene del frotamiento con las zapatas cerradas dentro de aquéllos.

En la actualidad, la mayoría de los vehículos van dotados de frenos de disco como los descritos o muy parecidos, en particular en las ruedas delanteras. Con ellos se disminuye el problema del "fading", al estar mejor ventilados.

4.2.1. Tipos de montaje

Montaje rígido.

En la figura 7.10 se observa cómo el disco de acero D (detalles 3, 4 y 5) gira con la rueda, y en su mayor parte va al aire para enfriarse mejor. En la otra parte está comprendido entre los dos cuerpos del cilindro C, cuyos émbolos E oprimen contra el disco las

pastillas de frotamiento F cuando llega la presión hidráulica, desde el pedal y bomba, por H y enlace J entre ambas caras. La purga de aire se hace por P. En 4 se muestra una perspectiva seccionada, con el detalle 3 para el funcionamiento de los émbolos opresores. En 5 se ve el conjunto exterior, señalándose la ventana A que en los Girling permite limpiar y cuidar las zapatas de frotamiento F. Como ya se ha expuesto, en este tipo de montaje dos émbolos o pistones empujan cada pastilla contra el disco.

Montaje flotante.

En la figura 7.11 se presenta el freno de disco Lockheed, con dos cilindros de apriete C por una cara del disco D solidario de la rueda N. En este sistema la presión hidráulica H que llega a los cilindros C (ver detalle 2) separa a un lado al émbolo E y al otro el fondo del cilindro (reacción R); como el cuerpo de la pinza S es deslizable en las guías V (dibujo 1), resulta que ambas pastillas F (véase 2) son oprimidas contra las caras del disco D. El efecto de frenado es el mismo que en la figura anterior; la diferencia está en que la pinza-soporte S es ligeramente desplazable, para ahorrar los cilindros en la otra cara. En 3 se ve la forma de las pastillas F. No suele haber resortes separadores para éstas, porque al aflojar la presión del pie sobre el pedal dejan de apretar y rozan ligeramente para entrar en acción apenas se pise de nuevo el pedal.

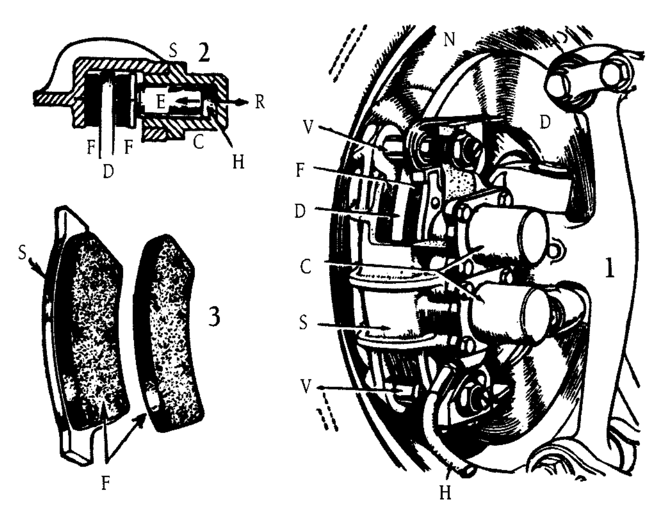


Figura 7.11.

En este sistema, en un primer tiempo la pastilla se apoya contra el disco por la acción del pistón E; en un segundo, al no poder avanzar más el pistón, la fuerza de reacción R es la que obliga a desplazarse a la pinza-soporte, o estribo, S, comprimiendo la segunda pastilla contra el disco.

Una variante de este sistema consiste en sustituir la fuerza de reacción R por la de un segundo pistón.

En los sistemas descritos, las pastillas actúan simétricamente sobre las dos caras del disco; la tendencia actual es hacia un montaje asimétrico, con lo cual se mejora la ventilación y se reducen las posibles vibraciones que un combeo del mismo puede producir en el momento de frenar. Así mismo, para mejorar la refrigeración se instalan discos ventilados, dotados de unas canalizaciones radiales por las que circula el aire, ayudando a su ventilación; y pistones huecos.

Las ventajas del disco respecto al tambor son: mejor refrigeración; igual potencia de frenada en marcha atrás que hacia delante; carencia de reglaje, al ser automática la recuperación del juego; ausencia de deformaciones; menos influencia del agua de lluvia o del lavado del vehículo; mejor progresividad y mayor facilidad de sustitución de las pastillas.

Sus inconvenientes: mayor coste y más ruido, dado que al ser menor la superficie frotante, la presión ejercida ha de ser mayor y los materiales de que está constituido más compactos.

4.3. Frenos de contracción exterior

Utilizado como freno a la transmisión se ha ido prescindiendo de su uso, el cual resultaba demasiado brusco, ya que por girar el árbol transmisor unas cinco veces más deprisa que las ruedas, hacía como cinco veces más potente el efecto de la frenada, y sometía a las juntas universales, engranajes y semiejes a un enorme y repentino esfuerzo de torsión. En la actualidad es poco usado y se reserva como freno de contención a vehículo parado. Las zapatas pueden ser interiores, como en la figura 7.2 o bien de cinta exterior en forma de mordazas que al juntarse aprieta el tambor que gira dentro de ellas. El freno puede estar situado a la salida de la caja de cambios o inmediato al tren trasero.

5. SISTEMAS DE MANDO DE LOS FRENOS

La transmisión del esfuerzo del conductor a los frenos puede realizarse a través de circuitos mecánicos, hidráulicos o neumáticos.

5.1. Mando mecánico

La acción mecánica sobre los frenos se describe en la figura 7.2: una varilla P, por medio de la palanca dibujada de puntos, hace girar la leva L que separa las zapatas y las aplica contra el tambor. El aparejo de varillas y palancas que desde el pedal acciona las levas L, era complicado y precisaba de frecuentes ajustes; por ello fue sustituido por el mando mediante cables (Fig. 7.12) que, con raras excepciones, equipó hace bastantes años los últimos sistemas empleados para el mando mecánico de los frenos.

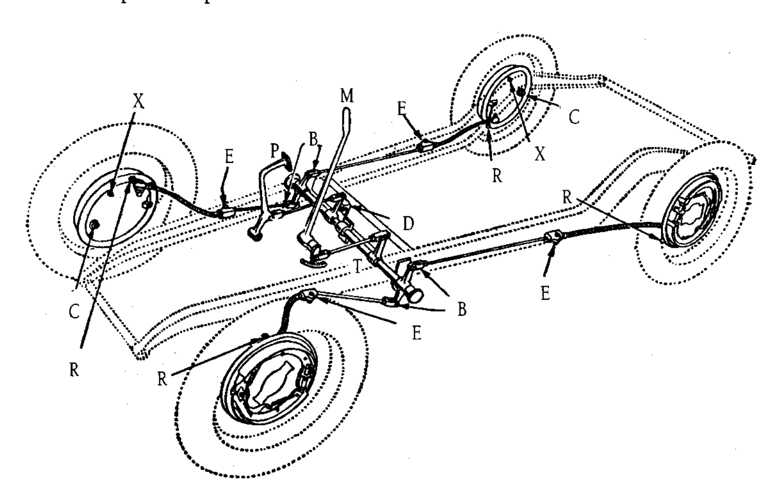


Figura 7.12.

El pedal P hace girar, por medio de una varilla, el eje transversal T con palancas en sus extremos, a las que se sujetan los cables accionadores de las levas. Estos cables van desnudos en parte de su longitud, pero al pasar por las guías E, fijas al bastidor, siguen

por dentro de fundas flexibles de acero, como un bowden grueso, que los llevan guiados hasta las palancas giratorias de las levas. Estas palancas son interiores al freno, entre el plato y el tambor (Fig. 7.7); el bowden K trae el cable que se ve pasar por dentro a tirar del extremo de una palanca que gira la leva L. El mando de la excéntrica sale por detrás del plato y se señala con X en la figura 7.12; hay sólo una excéntrica en cada freno para la zapata secundaria, haciéndose el reglaje mediante las excéntricas X, tornillos R y soporte de las zapatas C, que va debajo de L en la figura 7.7 (sistema Béndix, el más empleado).

En los apoyos-guías E (Fig. 7.12) suele haber un engrasador para rellenar el bowden; si no lo hubiere, una vez al año hay que desmontar E y echar aceite espeso o grasa caliente por dentro de las fundas. En los extremos B de los cables, en su unión a las palancas del eje T, se ajusta la longitud de aquéllos cuando es necesario. El pedal tiene un resorte que lo vuelve a su posición de reposo, desfreno, contra un tope D, cuando deja de pisarse.

5.2. Mando hidráulico

El pedal del freno D (Fig. 7.13), empuja un líquido en el cilindro de mando H, del que parten las tuberías T hacia cada rueda; en los platos de freno para éstas hay unos cuerpos de bomba G con dos pistones P que, separados por la presión del líquido, aplican las zapatas A y B, articuladas en C, contra el tambor giratorio F.

Con el mando mecánico se requiere una bien estudiada organización de palancas y cables o varillas para llevar la fuerza hasta cada rueda, de forma que no interfiera con la virada a uno y otro lado de las delanteras. Con el mando hidráulico esto es más fácil, porque los tubos T pueden tener las curvas y codos que sean necesarios y como además pueden ser flexibles, se adaptan fácilmente a los giros de las ruedas directrices y a las oscilaciones de la suspensión.

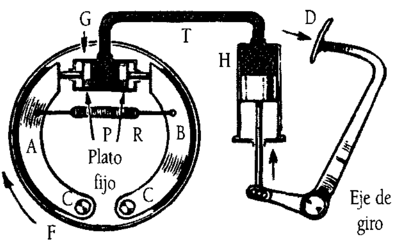


Figura 7.13.

Para que el esfuerzo aplicado por el conductor al pedal se multiplique, el único procedimiento mecánico es el de la palanca que, como se ve en el pedal de la figura 7.14, si el brazo de fuerza P es, por ejemplo, seis veces mayor que el de aplicación A, la fuerza se multiplica por seis, a costa, de que el recorrido de A es seis veces menor que el de P. Este artificio puede repetirse incluso al llegar a las ruedas, pues cuanto mayor sea el brazo de la palanca dibujada de puntos en la figura 7.2, mayor será la fuerza con que la leva separa las zapatas.

Pero el mecanismo de palanca ocupa espacio, requiere articulaciones y ejes que lubricar y ajustar, y resulta mucho más complicado en organización y mantenimiento que el mando hidráulico: si el esfuerzo de 50 Kg. aplicado al pedal P se multiplica con esta palanca P-A a

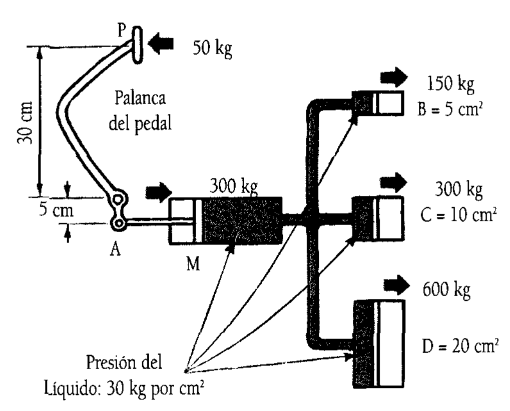


Figura 7.14.

300 y se ejerce sobre un émbolo de mando de 10 cm² de superficie, la presión resultante en el líquido será de 30 Kg. por cm², la cual, al llegar a los cilindros receptores B, C y D, se convierten en: si B tiene 5 cm² de sección, la fuerza de su pistón será de 30 x 5 = 150 Kg.; si C tiene 10 cm², su fuerza valdrá 30 x 10 = 300 Kg.; y si el émbolo receptor D es de 20 cm², la fuerza alcanzará 30 x 20 = 600 Kg. La multiplicación de esfuerzo se ha conseguido (a costa de recorridos menores, como con las palancas) con gran sencillez, sin complicación de mecanismos.

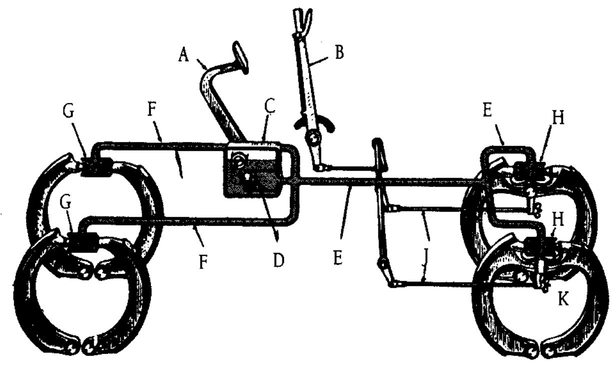


Figura 7.15.

Los frenos hidráulicos son los usados actualmente casi sin excepción. En esquema (Fig. 7.15) el pedal A mueve un pistón dentro de un cilindro D sumergido en un pequeño depósito C medio lleno de un líquido especial, a base de aceite o de alcohol y aceite, o de glicerina; el cilindro comunica con el depósito por un pequeño orificio. Cuando se pisa el pedal, el pistón tapa primero el orificio y luego comprime el líquido, que por las tuberías E y F llega a los cilindros G de los frenos delanteros y H de los traseros: la presión obliga a separarse a los émbolos que van articulados a las zapatas, y éstas se oprimen enérgicamente contra los tambores. Al soltar el pedal, su resorte lo trae a la posición de reposo, retrocediendo el pistón del cilindro D, con lo que se recobra el líquido enviado hasta los frenos, y los muelles de las zapatas pueden volver a juntar de nuevo éstas, ya que desaparece el líquido a presión que las había separado. El freno de mano B actúa mecánicamente sobre levas suplementarias K colocadas en los frenos de las ruedas traseras, o bien es independiente y obra sobre un freno a la transmisión.

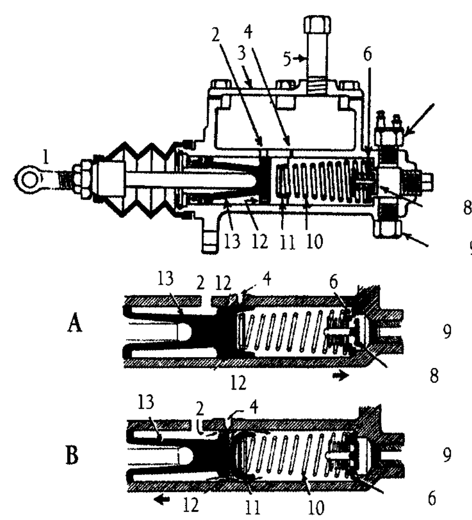


Figura 7.16.

Los detalles del cilindro-depósito del mando de las zapatas de los frenos se ven en la figura 7.16. Conectado al pedal de los frenos por medio de una varilla 1, hay un émbolo 13 que funciona dentro del cilindro principal y que hace de bomba multiplicadora del esfuerzo del pie del conductor. Este émbolo tiene una forma alargada, terminando su parte delantera por la guarnición flexible 11, que tiende a adaptarse contra las paredes del cilindro al avanzar el pistón hacia la derecha. Normalmente está en la parte izquierda del cilindro, obligado por el resorte 10, que sirve a su vez de muelle a la válvula grande de retorno 6. En el centro de ésta

se haya la válvula de salida 8, que se abre hacia la derecha. Ambas válvulas ponen en comunicación el cilindro con la tubería 9, que lleva el líquido hasta los frenos.

Encima del cilindro-bomba, y comunicando con él por el orificio 2 y compensador 4, que sirve para que al empezar a frenar no se comprima todo el líquido y actúen bruscamente los frenos, está el depósito 3 (lleno por lo menos hasta su mitad), y en el tapón de llenado 5 hay unas valvulitas que permiten la comunicación del depósito con el aire libre.

Cuando se pisa el pedal para frenar, el émbolo 13 es empujado hacia la derecha y se comprime el líquido que sale por la válvula de escape 8 (detalle A) y por el tubo 9 va a actuar a los frenos. La presión hace funcionar el interruptor eléctrico 7, que manda la luz trasera de "pare".

El líquido llena todas las tuberías, de modo que al comprimirlo en el cilindro principal, la presión llega por igual hasta los frenos de las cuatro ruedas. Por el tubo 15 y conexión 16, véanse las figuras 7.17 y 7.19, llega la presión al interior (Fig. 7.18) del cuerpo de bomba 25, colocado sobre el plato fijo 19, separando los dos pistones del bombín 26 que aplican los forros 21 y 23 de las zapatas (giratorias en 22) contra el tambor 20, solidario de la rueda.

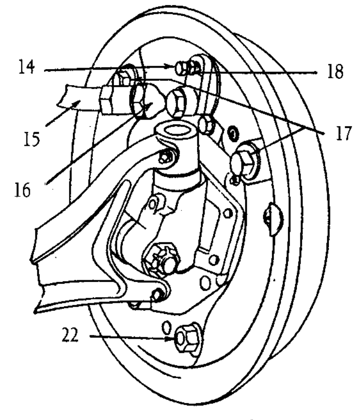


Figura 7.17.

En cuanto cesa la acción del pedal (Figs. 7.16 y 7.18), el émbolo 13 retrocede hacia la izquierda empujado por el muelle 10, y como los fuertes resortes 24 de los frenos tienden a desfrenar y juntar las zapatas acercando los pistones 26, el líquido que hay en el cuerpo de bomba 25 es expulsado hacia el cilindro principal, en el que entra por la válvula de retorno 6. Cuando la presión de los resortes 24 de las zapatas es igual a la del 10 del cilindro principal, la válvula 6 se cierra automáticamente.

Si el líquido no regresara con la debida rapidez o en cantidad suficiente para compensar el desplazamiento del pistón 13 se producirá detrás de éste (detalle B) un vacío que doblará la orilla de la guarnición flexible 11, permitiendo el paso del líquido desde el depósito por 2 y conductos auxiliares 12, con lo que los frenos funcionarán perfectamente aun cuando las cantidades desplazadas en frenadas anteriores no regresen al cilindro principal. El líquido enviado en exceso al sistema regresará al depósito a través del compensador 4 tan pronto el pistón 13 llegue a su posición normal y 10 vaya perdiendo fuerza al alargarse, con lo que deja abrirse 6 más fácilmente.

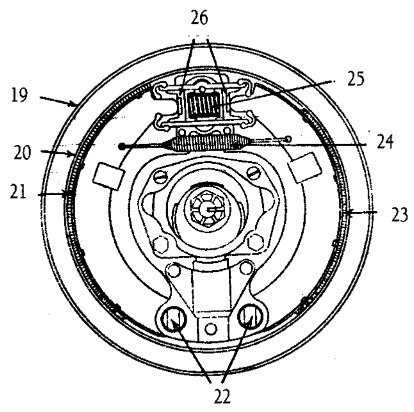


Figura 7.18.

Cuando se note debilidad o desigualdad en la acción de los frenos hay que *purgar las canalizaciones*. Para ello, después de sacada la tapa del depósito y de llenarlo del todo con el líquido apropiado, se quita el tornillo 14 (Figs. 7.8, 7.17 y 7.19), se empalma aquí la boquilla y tubito de purga (cuyo extremo se meterá en un vaso colo-

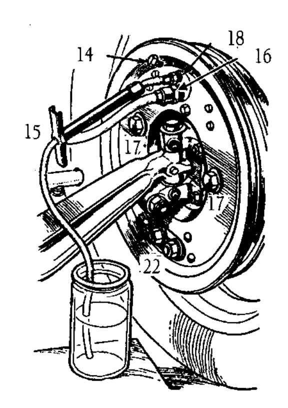


Figura 7.19.

cado en el suelo), se afloja media o tres cuartos de vuelta la valvulita de purga 18 y se oprime a fondo el pedal del freno de diez a quince veces hasta que el líquido salga sin burbujas. Cada diez emboladas se volverá a llenar el depósito. Esto se hará por separado para cada uno de los cuatro frenos, cuidando de que el nivel quede, cuando menos, por la mitad del depósito y de reponer bien apretado su tapón 5 (Fig. 7.16).

El juego entre el pedal de los frenos y el piso del vehículo no debe alterarse.

En la figura 7.20 se detalla una instalación de frenos hidráulicos, designando los números los mismos elementos de las figuras anteriores. El pedal P empuja la varilla 1 y émbolo 13 del cilindro de mando C. En este caso el depósito de líquido 3 está separado y tiene su tapón de relleno 5.

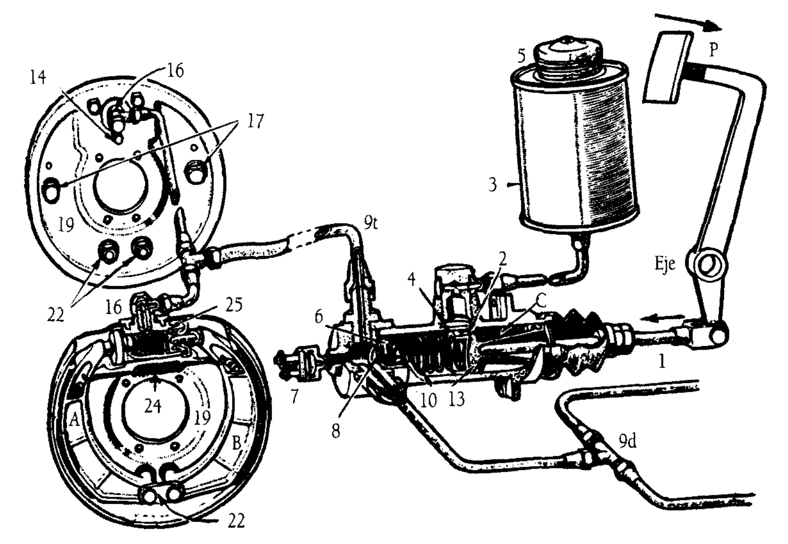


Figura 7.20.

Los orificios de paso, principal 2 y compensador 4, comunican 3 con el cilindro. El muelle 10 está intercalado entre el émbolo 13 y la válvula grande de retorno 6, siendo ésta portadora de la pequeña válvula de salida 8. Los conductos de paso a los frenos son: 9t a los traseros, y 9d a los delanteros. En los frenos, las zapatas A y B están atraídas por el muelle 24 y son separadas cuando llega el líquido comprimido entre los pistones de los cilindros de freno; aquéllas se separan apretando las zapatas contra el tambor que las rodea. El plato fijo porta-freno es 19; las zapatas están articuladas en 22, su reglaje se efectúa mediante las tuercas con excéntricas interiores 17.

En algunas instalaciones se monta un cilindro con dos émbolos que actúan separadamente en los frenos delanteros y traseros. La ventaja de este dispositivo es que si se rompe la tubería a los frenos traseros, por ejemplo, siguen actuando los delanteros con toda su energía, y viceversa. El depósito tiene dos compartimentos A y B (Fig. 7.21) que alimentan cada

uno por sus orificios 2 y 4 ambos cuerpos de bomba M y N. La varilla que viene mandada por el pedal mueve el primer pistón P y el líquido procedente de A sale comprimido por D a los tubos que van a los frenos delanteros. Pero el mismo líquido comprimido en M empuja el segundo pistón S, que está suelto dentro del cilindro, y comprime a su vez el líquido que llega de B y actúa por T hacia los frenos traseros. Como se ve es sencillamente una bomba doble o *bomba tandem*.

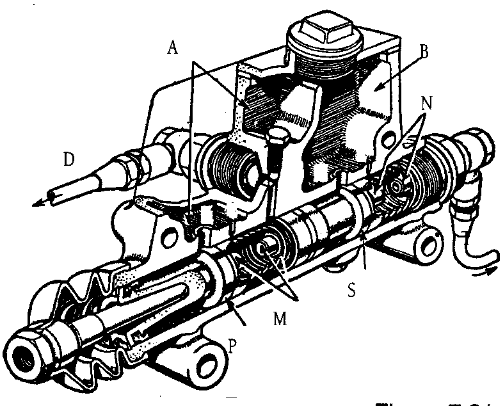


Figura 7.21.

Si se rompiese un tubo, por ejemplo, de los frenos delanteros, éstos no frenarían; pero al seguir pisando el pedal, el primer pistón continuaría avanzando hata que se juntasen los topes M, con lo que S apretaría a su líquido y actuarían los traseros. Inversamente, si el tubo que se rompiera fuera de los frenos posteriores, se juntarían los topes N, pero la bomba de los frenos delanteros seguiría funcionando.

5.3. Mando neumático

Para los grandes vehículos el mando mecánico o hidráulico de los frenos requiere gran fuerza de aplicación. Una solución es el uso de aire comprimido a unos cinco Kg. de presión. La transmisión del esfuerzo a los remolques se realiza con gran facilidad, siendo los sistemas empleados muy parecidos entre sí.

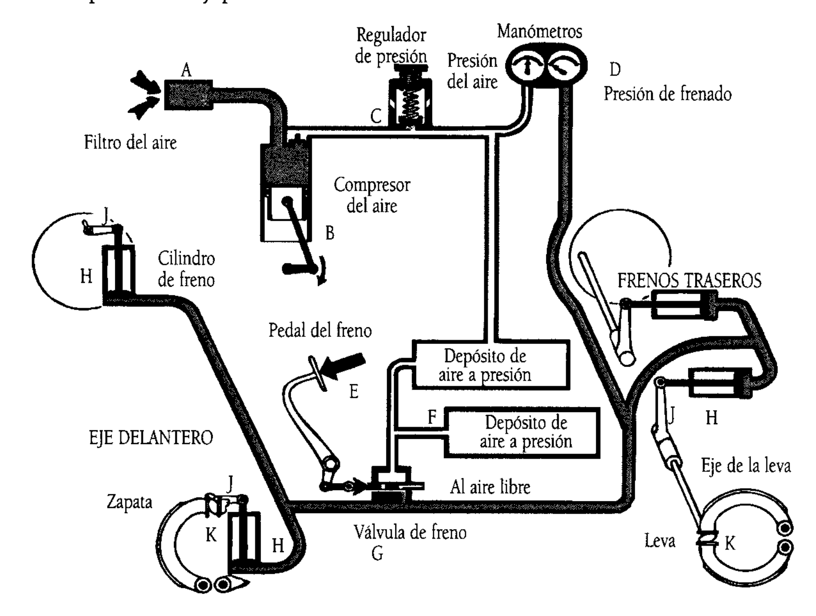
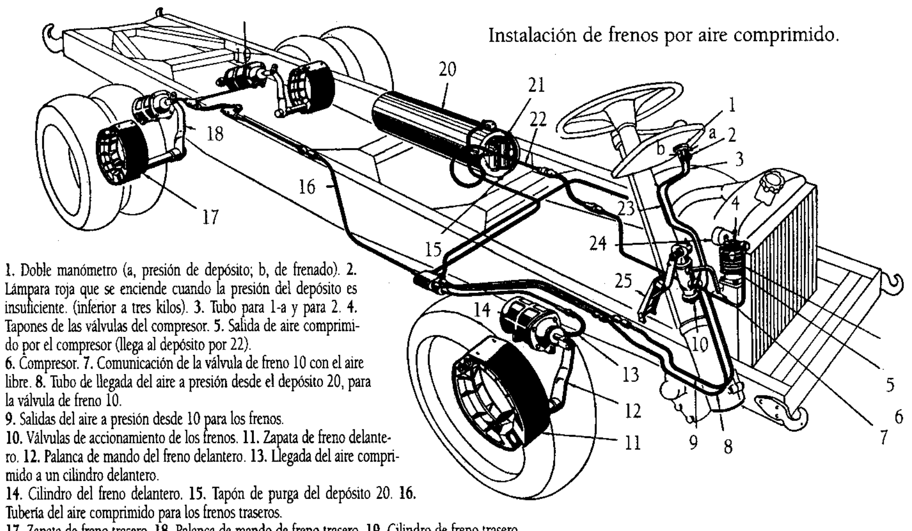


Figura 7.22.

El esquema de una instalación de mando de los frenos por aire comprimido está representado en la figura 7.22. Un compresor de aire B, colocado a un costado del motor y movido por una correa o por una cadena, aspira el aire a través de un filtro A, lo comprime y lo envía a uno o dos depósitos F, donde se almacena. Una válvula reguladora de presión C se abre cuando ésta pasa de los cinco Kg., escapando al exterior el aire en exceso. El pedal del freno mueve la corredera de la válvula de freno G; cuando aquél se pisa, la corredera deja pasar el aire comprimido a las tuberías que lo llevan hasta los cilindros de freno H, en los que desplaza el pistón de mando de la palanca J que gira la leva K separadora de las zapatas. Cuando se levanta el pie del pedal, la corredera de la válvula de freno corta el paso del aire comprimido y pone en comunicación las tuberías con el aire libre, con lo que se descargan los cilindros de freno, sus pistones regresan a la posición de reposo y las levas dejan de apretar las zapatas. Un manómetro doble D indica al conductor la presión del aire de los depósitos y, cuando frena, la presión de trabajo en las tuberías y cilindros de freno.



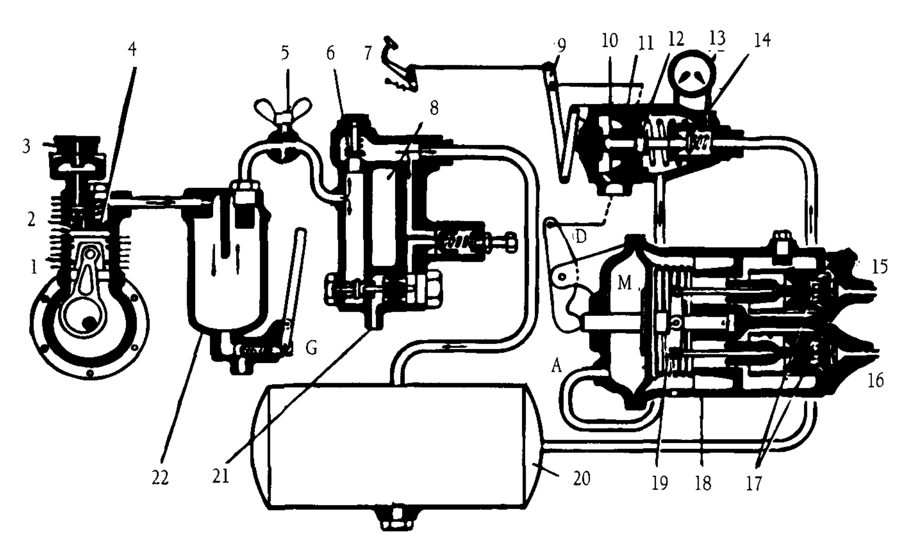
1. Doble manómetro (a, presión de depósito; b, de frenado). **2.** Lámpara roja que se enciende cuando la presión del depósito es insuficiente. (inferior a tres kilos). **3.** Tubo para 1-a y para 2. **4.** Tapones de las válvulas del compresor. **5.** Salida de aire comprimido por el compresor (llega al depósito por 22).
6. Compresor. **7.** Comunicación de la válvula de freno 10 con el aire libre. **8.** Tubo de llegada del aire a presión desde el depósito 20, para la válvula de freno 10.
9. Salidas del aire a presión desde 10 para los frenos.
10. Válvulas de accionamiento de los frenos. **11.** Zapata de freno delantero. **12.** Palanca de mando del freno delantero. **13.** Llegada del aire comprimido a un cilindro delantero.
14. Cilindro del freno delantero. **15.** Tapón de purga del depósito 20. **16.** Tubería del aire comprimido para los frenos traseros.
17. Zapata de freno trasero. **18.** Palanca de mando de freno trasero. **19.** Cilindro de freno trasero.
20. Depósito de aire comprimido. **21.** Regulador de presión. **22.** Llegada del aire comprimido al cuerpo de válvulas 21 y depósito 20. **23.** Tubo de presión del aire de frenado al manómetro 1-b. **24.** Filtro del aire del compresor. **25.** Pedal del freno.

Figura 7.23.

Una instalación real se ve en la figura 7.23 (Pegaso). El aire comprimido por el compresor 6 pasa a almacenarse en el depósito 20, a cuyo costado el regulador de presión 21 cierra la entrada en cuanto se alcanzan los 5 Kg. y pone la tubería de llegada 22 en comunicación con el aire libre de modo que el compresor trabaje en vacío. Cuando a causa de las frenadas desciende un poco la presión de almacenamiento, el regulador conecta otra vez el compresor con el depósito. El mismo regulador 21 lleva una válvula de seguridad que, en caso de avería de aquél, descarga la presión al aire libre en cuanto pasa de 8 Kg.

La leyenda de la figura detalla los componentes y explica el funcionamiento de la instalación.

En otros casos, antes del depósito 20 llamado "principal", hay otro pequeño que recibe el nombre de "cámara previa" y que, cuando el motor del camión se pone en marcha,



Instalación Westinghouse de aire comprimido para accionamiento de los frenos hidraúlicos.

1. Compresor.
2. Válvula de admisión.
3. Filtro de aire.
4. Válvula de salida.
5. Llave de paso.
6. Válvula de retención del aire comprimido.
7. Pedal de freno.
8. Regulador de presión con válvulas de limitación y seguridad (escape por 21).
9. Palanca intermedia de la válvula de freno 10.
10. Válvula de freno.
11. Contra-émbolo.
12. Salida del aire de 10.
13. Manómetros.
14. Entrada de aire a 10.
15.-16. Salida del líquido a presión a los frenos hidraúlicos delanteros y traseros.
17. Válvula del cilindro de mando hidraúlico.
18. Cilindros de mando de los frenos: A, llegada del aire a presión que desplaza la membrana M para accionar, a través del balancín compensador 19, las dos bombas hidraúlicas de los frenos.
20. Depósito de aire a presión.
21. Depurador del aire comprimido con purga del agua y aceite condensados por G.

Figura 7.24.

permite alcanzar rápidamente la presión de trabajo, de forma que, en vez de esperar dos minutos desde que se arranca el motor hasta que se alcanzan los 5 Kg. en 20, antes del minuto se dispone ya de presión suficiente (4 Kg.) en dicha cámara previa. Entre ésta y el depósito principal hay otra válvula, llamada "de llenado", que cierra la entrada en 20 hasta que la cámara previa no está cargada.

Del depósito o depósitos principales se deriva otra tubería que pasa por la válvula para el remolque y sigue al acoplamiento preparado en la parte trasera para empalmarlo al mismo. En éste se almacena el aire en otro depósito desde el cual un distribuidor lo envía a accionar los cilindros del freno.

Los aparatos están calculados para que el frenado se inicie en los remolques ligeramente antes y termine un poco después que en el camión, con objeto de que aquellos no se echen nunca encima del vehículo tractor.

En casi todas las instalaciones de frenos por aire comprimido existe una derivación que permite inflar los neumáticos.

En vez de accionar el aire comprimido los cilindros de freno, puede, sencillamente, actuar sobre el pistón de un cilindro-bomba de frenos hidráulicos. De esta forma se utiliza el aire comprimido como un servo que descarga al conductor del esfuerzo físico de dar presión al líquido que actúa sobre las zapatas.

En la figura 7.24 se muestra una instalación corriente Westinghouse cuyos componentes y funcionamiento se detallan en la leyenda que la acompaña.

6. SERVOFRENOS

Para que el esfuerzo aplicado por el conductor sobre el pedal del freno no tenga que ser considerable, se utilizan los servofrenos, que ayudan con su fuerza la acción sobre el pedal. Los hay *hidráulicos, eléctricos y de aire comprimido.* Este último, como se ha expuesto, es más bien un mando neumático de los frenos.

También se usan mucho los mixtos de *vacío-hidráulicos,* y algo menos los de *aire comprimido-hidráulicos.*

Cualquiera que sea el tipo utilizado, el servofreno se dispone de manera que el esfuerzo del conductor, en caso de fallo del sistema de asistencia, pueda ejercerse directamente sobre el circuito de frenos.

6.1. Servofreno hidráulico

Para grandes vehículos la casa Lockheed tiene un sistema de servofreno hidráulico en los que, al oprimir el pedal del freno, además de enviarse líquido a presión con la bomba de pie, se descubren una tras otra varias válvulas que envían sucesivamente mucha más presión procedente de una bomba accionada por la transmisión del vehículo.

En otro modelo la bomba es movida por el motor y envía líquido a un cilindro-acumulador lleno de aire: al comprimirse éste reduce su volumen, almacenando más líquido, de modo que al soltarlo con las válvulas que va abriendo el pedal del freno, sale con la fuerte presión acumulada por el aire comprimido. De esta forma, aunque el vehículo vaya despacio o el motor esté parado, hay fuerte acción de ayuda con líquido a presión.

6.2. Servofreno de vacío

Ideado en la época del mando mecánico de los frenos, utiliza la depresión o vacío de la admisión del motor para multiplicar el esfuerzo que hace el conductor con su pie sobre el pedal del freno. Como el mando mecánico de los frenos ha caído en desuso, suele combinarse el servo con una bomba de mando hidráulico; así la presión hidráulica puede ser mayor, ya que al esfuerzo del pie del conductor, aquí reducido, se añade el más potente del servo. Tal combinación aparece en los aparatos como el "Hydrovac" que se describe a continuación.

6.3. Servofreno mixto de vacío e hidráulico

Uno de los más usados es el Hydrovac, de la casa Béndix (Fig. 7.25).

El pedal de freno acciona un cilindro-bomba hidráulico A que envía el líquido a presión por la tubería B al cuerpo de bomba C adosado al conjunto del servofreno. Suponiendo el motor parado (detalle 1) y que se pisa el pedal, el líquido llega a C y por el orificio central del pistón D sigue por las tuberías E y F a accionar los frenos de las ruedas, como en el caso de frenos hidráulicos corrientes.

Encima de C y comunicando con él hay otro cuerpo de bomba G, cuyo pistón manda un vástago que termina en una especie de copa perforada K, cuya base se une a la membrana J. A continuación hay otro compartimiento L que por la derecha M comunica con una toma de aire libre provista de filtro. Entre L y el espacio R hay una doble válvula en forma de H: la parte P puede apoyar contra la copa K, y la parte Q incomunica o no R con L, o sea, con la presión atmosférica del aire libre.

Del colector de admisión, y a través de una válvula automática N, se lleva el vacío por la tubería S hasta el gran cilindro T, dentro del cual puede deslizarse el émbolo de mando U, cuyo vástago central entra en C y termina en un tope válvula que puede aplicarse y tapar el orificio central del pistón D. El vacío que viene por S llega a T por la cara derecha del émbolo U; la parte izquierda de U comunica por la tubería V con la cámara R.

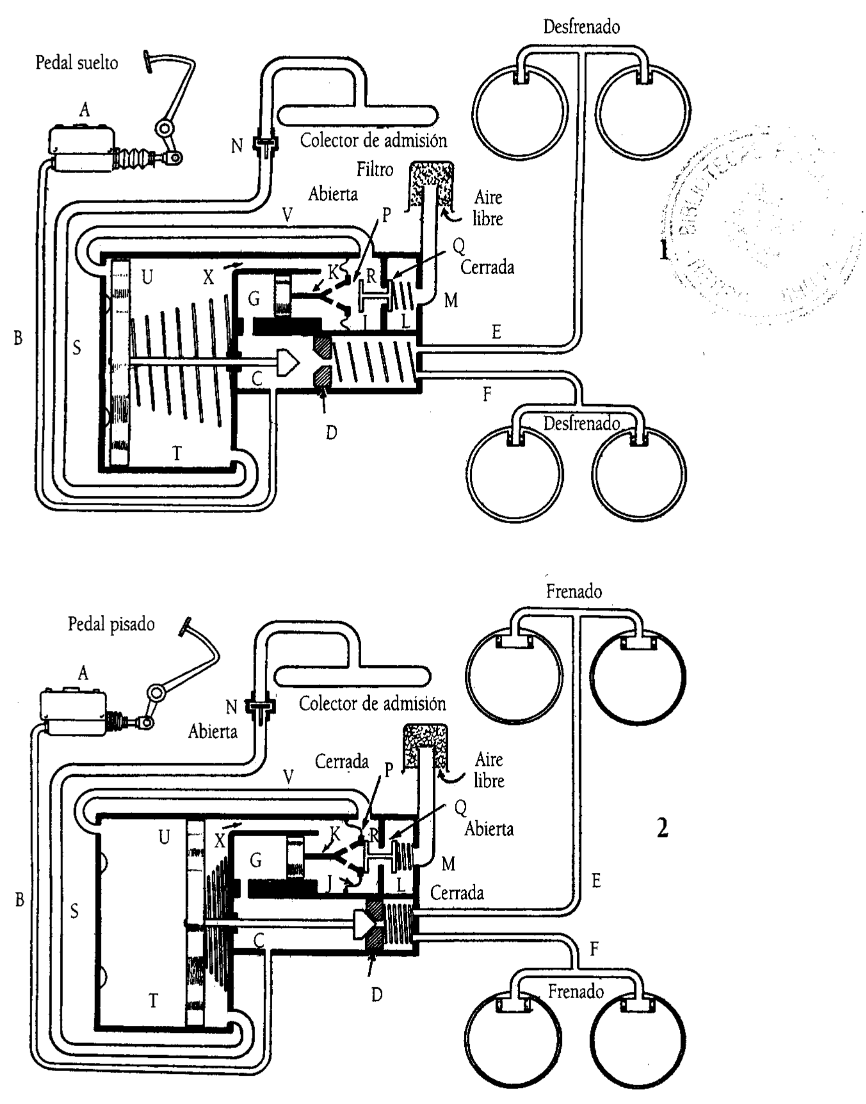


Figura 7.25.

Si con el motor en marcha no se pisa el pedal del freno (detalle 1) no hay líquido a presión en C, de modo que el pistón D estará hacia la izquierda sostenido por su muelle y las ruedas desfrenadas; tampoco hay presión en G y el pistón K mantiene la copa y membrana J retirados de la válvula en H. Por su parte, el vacío del colector de admisión abre la válvula N, por S entra en T, sigue por el conducto X a la cámara de K, pasa por los agujeros de la copa y, como está abierta la parte P de la válvula en H, continúa por V hasta la cara izquierda del émbolo U. Este tiene el vacío por ambas caras y, por tanto, está equilibrado y no se mueve.

Al pisar el pedal del freno (detalle 2) llega líquido a presión a C y G empuja el pistón K, que aplica su borde contra la válvula en H, cerrando P (con lo que el vacío no puede seguir de K a R, V e izquierda de U), y, en cambio, se abre Q y la presión atmosférica del aire libre pasa a R, V y cara izquierda de U; como la derecha de éste tiene el vacío que le llega por S, se ve empujado a la derecha, y el vástago central penetra en C hasta tapar y empujar con toda la fuerza del servo el pistón D, el cual comprime enérgicamente el líquido de su derecha y por las tuberías E y F frena las ruedas. El pequeño esfuerzo del pie del conductor para meter líquido en el reducido cilindro G se multiplica grandemente al entrar en acción el émbolo U.

Si el pedal de freno se detiene y mantiene en una posición de su recorrido, deja de enviarse más líquido a C; pero, como el vástago de U ha empujado aun algo D, la cámara C aumenta de volumen a costa de la G, con lo que el pistón de la copa K retrocede un poco: lo justo para que el paso Q resulte cerrado por el muelle de la válvula en H; entonces deja de entrar más aire por R y V a la izquierda de U, y este émbolo se queda quieto por equilibrarse las fuerzas que pueden moverlo: hacia la derecha la diferencia de presión atmosférica con el vacío, y hacia la izquierda la acción de su gran resorte. Se queda inmóvil, manteniendo la frenada con igual fuerza.

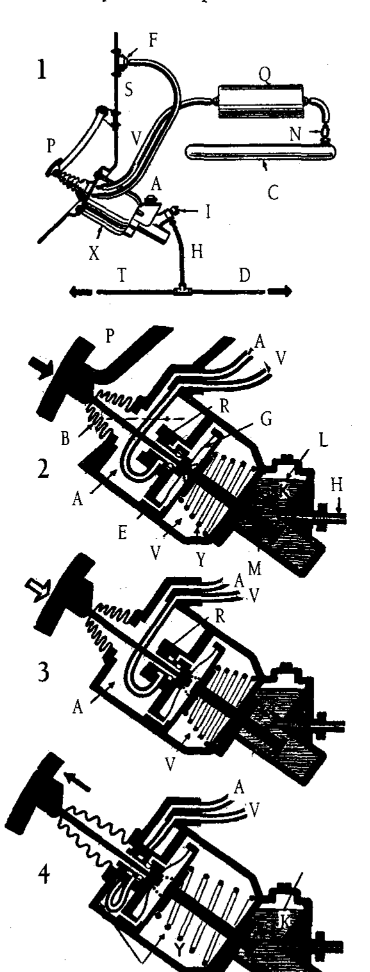


Figura 7.26.

Si se pisa más el pedal, de nuevo llega líquido a presión a G y se repite lo explicado de abrirse Q y, por pasar más aire libre a la izquierda de U, sigue este émbolo empujando D y aumentando la frenada.

Si se suelta el pedal del freno no hay presión de líquido y todos los resortes ponen el mecanismo como se vió en el detalle 1, desfrenándose el vehículo.

El entretenimiento del servofreno de vacío consiste en inspeccionarlo cuando se nota anomalía en su funcionamiento y en el siguiente orden:

1°. Comprobar que todos los frenos están con el debido ajuste, los forros en buen estado, el aparejo bien lubricado y funcionando correctamente.

2°. Inspeccionar la tubería de vacío y sus juntas, asegurándose de su perfecto apriete.

3°. Examinar y comprobar que la válvula N funciona bien.

Si después de este repaso y limpieza el servofreno no funciona bien, debe llevarse a un taller para que hagan su reparación y ajuste completo.

En la mayoría de los automóviles de tamaño mediano o grande se extiende cada vez más el empleo de servofrenos de vacío para ayudar o realizar la frenada de mando hidráulico. El fundamento es el mismo en todos los sistemas (Béndix, Lockheed, Girling) y la realización análoga, pues sólo varía en detalles de organización o colocación.

Como ejemplo se describe en la figura 7.26 una de las aplicaciones del Béndix "Threadle-Vac", derivado del Hydrovac antes descrito.

El conjunto (detalle 1) señala el empleo de pedales colgados P. En el salpicadero S hay un filtro de aire F por el que entra y pasa a la tubería A el necesario para el servo X. El vacío se toma por V del colector de admisión C, intercalándose un "depósito de vacío" en el recipiente Q con válvula de retenida N. El líquido a presión sale por H a los frenos delanteros D y traseros T; el interruptor I acciona la luz de "pare".

Al pisar P (detalle 2) la válvula corredera R baja y deja paso al vacío V (espacio punteado) por encima de la membrana G a "chupar" por debajo del émbolo E, ayudándole a empujar el grueso vástago M que desplaza el líquido, enviándolo con presión a actuar los frenos por H. El depósito de líquido L tiene la válvula de comunicación K cerrada.

Cuando se deja de pisar, pero sin soltar el pedal, se mantiene la frenada (detalle 3), se distiende el resorte que hay bajo la membrana, que empuja ligeramente la válvula de corredera R hacia atrás y cierra el paso del vacío; la frenada no aumenta pero como no entra aire a rellenar el sistema éste permanece inmóvil y sostiene la frenada.

Al soltar el pedal (detalle 4) el resorte Y sube el émbolo, y la válvula de corredera cierra la comunicación con el vacío, dejando paso al aire por ambas caras del pistón. Al regresar el vástago M va dejando sitio al líquido que vuelve de los frenos y, al final, abre con su pestaña la válvula K que comunica el depósito con las canalizaciones, así libres de cualquier presión residual.

7. FRENOS ELÉCTRICOS

Durante la segunda guerra mundial se desarrolló el sistema de frenado eléctrico aplicado a grandes vehículos militares.

El sistema Warner sustituye el mando hidráulico o mecánico, por una corriente eléctrica que, dentro de cada tambor de freno, activa un electroimán y éste acciona la leva de separación de zapatas. El gasto de corriente es pequeño, porque apenas éstas entran en contacto con el tambor se produce el efecto autofrenante ya explicado.

Algo más usado es el "ralentizador" eléctrico, que se aplica con carácter general a los vehículos pesados y más recientemente a vehículos ligeros.

El Telma se intercala en el árbol de transmisión. Su funcionamiento está basado en el principio de la creación de corrientes que nacen en una masa metálica conductora cuando ésta se sitúa en un campo magnético variable. Estas corrientes se denominan "turbillonarias" o de "Foucault". En la práctica, el estator crea un campo magnético fijo; es el movimiento de los rotores unidos al eje de arrastre a frenar, lo que produce la variación.

Los esquemas (Fig. 7.27) muestran este principio de funcionamiento: en el 1 se observa la línea de transmisión sobre la que giran dos discos solidarios, los rotores; fijado al chasis (2) el estator está situado entre los rotores, siendo soporte de las bobinas cuyas polaridades están alternadas; cuando circula la corriente eléctrica por las bobinas (3), se crea un campo magnético que atraviesa los rotores: dicho campo magnético

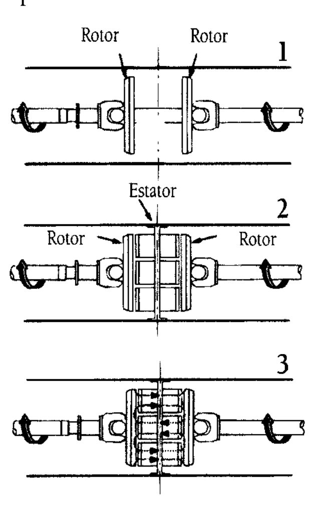


Figura 7.27.

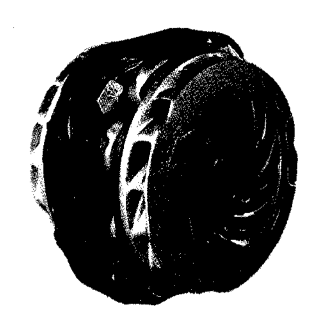


Figura 7.28.

origina unas corrientes turbillonarias y una fuerza magnética que se oponen a la rotación de los rotores y, por consiguiente, reducen la velocidad de árbol de transmisión.

Para disipar el calor los rotores llevan aletas, visibles en la figura 7.28, en la que se muestra una realización práctica de un ralentizador Telma de la serie CC.

8. CORRECTORES DE FRENADA

Son dispositivos que permiten modificar la relación de presiones hidráulicas entre los circuitos delantero y trasero del vehículo, existen dos tipos:

Los limitadores, restringen la alimentación de los frenos traseros siempre con la misma presión, determinada desde que se concibe el vehículo.

Los compensadores, que pueden o no depender de la carga del vehículo; limitan la presión de los frenos traseros proporcionalmente a la presión de los delanteros, de forma continua. La dependencia de la carga permite modular los niveles de restricción de los correctores, en función del peso sobre el eje trasero.

Complementario de los dispositivos anteriores el *indicador de caída de presión*, avisa al conductor, por medio de un testigo luminoso, de la existencia de una diferencia de presiones entre los circuitos delantero y trasero. Una variante de este sistema permite aumentar la presión sobre el circuito trasero en caso de fuga en el delantero.

9. OTROS DISPOSITIVOS

La variedad y complejidad del sistema de frenos, según cada fabricante lo concibe para sus distintos modelos, les lleva a incorporar, o no, muy variados dispositivos, algunos ya citados.

Reguladores de presión, regulan automáticamente la producida por el compresor. Algunos disponen de inflador para neumáticos, secador de aire y pilotaje para un artificio anticongelante.

Dispositivo anticongelante, protege los sistemas neumáticos contra congelaciones de aparatos, tubería, cilindros, etc.

Secador de aire, retiene por decantación el agua que se haya podido producir en la compresión del aire.

Depurador centrífugo, que permite filtrar el aire, retener impurezas y eliminar el agua condensada en el circuito de freno.

Válvula automática de purga, elimina automáticamente el agua condensada en los calderines.

Válvulas de distintas vías, distribuidoras, de protección de circuito, de rebose, etc.

El manual de uso del vehículo, indicará al conductor los componentes de este tan complejo y fundamental sistema.

10. FRENO DE MANO

Lo más frecuente es que el freno de mano actúe sobre los mismos frenos que el de pie, principalmente sobre las ruedas traseras. Si el mando por pedal es mecánico, la disposición Béndix (Fig. 7.12) muestra la palanca M accionando con una varilla el mismo eje T que el

pedal. Otras veces la palanca de mano opera solamente en los frenos de las ruedas traseras. En estos casos el reglaje se hace a la vez que el del pedal.

En los frenos hidráulicos el cable que va desde la palanca de mano llega a los tambores traseros análogamente al K de la figura 7.7 para mover la palanca que gira una leva separadora de las zapatas: es como si en el dibujo estuviera encomendada la separación normal a un cilindro hidráulico, y la leva L sirviera sólo para el freno de mano. Otro medio es (Fig. 7.4) con una barrita M que separa las zapatas cuando el cable tira de la palanca interior de accionamiento. En uno y otro caso el reglaje se hace, después de efectuado el del mando hidráulico, ajustando la longitud de los cables de manera que queden atirantados con la palanca desenfrenada y en la segunda o tercera muesca de su sector dentado.

Algunas veces el freno de mano acciona unos segundos juegos de zapatas independientes dentro de los mismos tambores de las ruedas traseras.

Los vehículos dotados en la transmisión hidráulica con la posición "P", no necesitan, en realidad, freno de mano para estacionamiento, pues colocando la manecilla del cambio en dicha posición se enclavan las velocidades, impidiendo el giro de las ruedas propulsoras. Obsérvese que no es equivalente a dejar metida una marcha en los cambios por desplazables, porque en este caso dichas ruedas pueden girar forzando al motor, mientras que en la posición "P" es como si quedaran dos marchas metidas a la vez: las ruedas no podrán girar en ningún caso.

11. REGLAJE DE LOS FRENOS DE TAMBOR

Tiene por objeto:

1°. Hacer que en la posición de reposo del pedal, o de la palanca de mano, las zapatas no froten en ambos tambores y haya entre estos elementos la holgura correcta (generalmente unas 3 décimas de milímetro en la parte del separador, y 1,5 dmm. a la altura del apoyo; o bien 2,5 décimas, 10 milésimas de pulgada, en todo el contorno).

2°. Que en el desplazamiento del pedal se produzca el frenado progresivamente.

3°. Que en la posición de máximo apriete se llegue al casi bloqueo de ruedas, siempre mayor para las delanteras que para las traseras.

4°. Que la intensidad de frenado sea igual para las dos ruedas de cada eje.

Existen aparatos especiales de taller con los que el reglaje se comprueba rápida y exactamente; pero si no se dispone de ellos, lo que ocurrirá cuando el conductor efectúe el reglaje por sí mismo, como debe suceder para los "ajustes corrientes" que se explican a continuación, la comprobación del reglaje realizado se hará en carretera mediante frenadas progresivamente intensas y a velocidades crecientes, empezando con cautela.

Fácilmente se comprende la necesidad de llevar los frenos en perfecto estado: la seguridad del vehículo depende, en caso de emergencia, de la precisión de la frenada (mando, forros, cubiertas); por ello puede decirse que la "velocidad de un automóvil depende de sus frenos".

En muchos frenos, aun de tipos potentes, no existen las excéntricas que señala la figura 7.7 y sólo se ajusta con el tornillo R, y se regula más completamente actuando en el soporte L de las zapatas; en otros este soporte L no es reglable y se tienen excéntricas y tornillo R; por último, también es muy frecuente que no exista el tornillo R y haya que hacerse el reglaje de frenos con el ajuste de excéntricas y soporte o soportes L de las zapatas.

El orden de operaciones es el siguiente:

1°. Se hace una purga de canalizaciones en la forma antes indicada (Fig. 7.19). A veces, con sólo esto mejora lo bastante la acción de los frenos para no necesitarse otro reglaje.

2°. Después de igualar las presiones en todos los neumáticos, se levantan las cuatro ruedas por medio del gato y se van dejando en el aire apoyando los ejes en tacos de madera, polines. Se quitan los tambores para comprobar que las zapatas están secas y limpias de grasa. Si estuvieran sucias se limpian con gasolina o aguarrás y un cepillo duro; también se lavarán y limpiarán con esmero las articulaciones y tornillos o excéntricas de mandos, reglajes y zapatas dejando las piezas móviles discretamente lubricadas. Limpios y secos los tambores y zapatas, vuelven a colocarse aquellos.

3°. Se comprueba que el pedal y la palanca de freno de mano pueden volver libremente a su posición de reposo, y estando ambos en ella se reglan interiormente los frenos del siguiente modo:

A) Frenos Béndix y análogos, sin excéntricas.

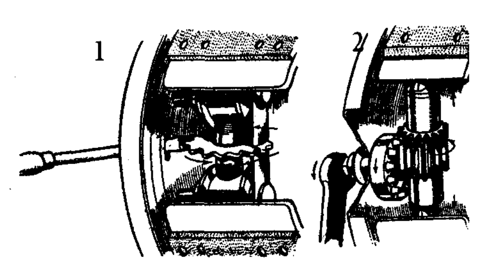


Figura 7.29.

a) *Ajuste corriente*. Se gira la ruedecilla R (Fig. 7.4) con un destornillador en la forma que señala la figura 7.29-1 (o con una llave si el ajuste se hace por el sistema de ruedecillas de linterna, detalle 2) hasta que el tambor roce con las zapatas; entonces se giran uno o varios dientes hacia atrás para que el tambor pueda rotar libremente. Hecha esta operación en las cuatro ruedas, se montan éstas y se prueban los frenos en carretera, para un ligero retoque en R si fuera necesario.

b) *Reglaje completo*. Al hacer la operación segunda se habrá marcado la zapata secundaria que o lleva una "S" o es la de forro más largo. Con el tambor puesto (Fig. 7.4) se afloja media vuelta por detrás del plato la tuerca que sujeta al eje C; se gira el tambor hasta que el agujero de inspección quede aproximadamente encima del centro de la zapata secundaria; se mete un destornillador por ese orificio y se apalanca de costado sobre la zapata secundaria para que se desplace hacia el otro lado, aprovechando la holgura de C, en forma que la primaria se apoye firmemente contra el tambor. Manteniendo así las zapatas, por detrás del plato se gira R y se golpea ligeramente C arriba y abajo hasta que la holgura entre la zapata secundaria y el tambor sea de 3,8 dmm., 15 milésimas de pulgada, medida con un calibre de hojas: subiendo C se disminuye la holgura, y bajándolo aumenta, mientras que por el otro extremo la holgura se ajusta principalmente con R. Una vez conseguido el huelgo uniforme citado, se aprieta C a fondo, cuidando de que no se muevan las zapatas. Arregladas así todas las ruedas, se prueban los frenos, y si hay alguna corrección que hacer se opera como en el ajuste corriente.

En las ruedas traseras esta operación requiere desconectar el cable de mando del freno de mano, que se conectará al final estando su palanca en la segunda muesca: si al soltar luego esta muesca las zapatas rozan en el tambor, se actuará sobre el ajuste de los cables para darles más longitud.

B) Frenos Béndix y análogos, con excéntricas (Fig. 7.7).

Ajuste corriente. En la zapata primaria se afloja la tuerca de la excéntrica y se gira hasta que roce contra el tambor, pudiendo mover éste a mano; entonces se vuelve atrás la excéntrica lo justo para que el tambor pueda girar libremente sin roce, y se aprieta la tuerca. Se repite la operación en la zapata secundaria. Después se actúa sobre la ruedecilla R hasta que las zapatas inmovilicen el tambor, y se retrocede R unas muescas, hasta doce pueden ser necesarias, para que desaparezca todo roce. Repetida la operación en las cuatro ruedas, se prueban los frenos en carretera.

C) Frenos tipo Lockheed con un cilindro de dos pistones separados (Figs. 7.17 y 7.19).

Ajuste corriente. Se gira una de las excéntricas 17 hasta que la zapata inmovilice el tambor, y se vuelve atrás la excéntrica lo justo para que la rueda pueda girar sin roce. Se repite la operación con la otra excéntrica, y después en todas las ruedas. Finalmente, se pisa y suelta varias veces el pedal de freno y se comprueba otra vez que las ruedas pueden rotar libremente.

En caso de reposición de forros, el reglaje completo debe ser ejecutado en un taller especialista en frenos.

D) Frenos Lockheed del tipo de las figuras 7.5 y 7.11.

El reglaje es sencillo: por una ventana del tambor de freno se mete un destornillador y se gira T a derechas; la leva gira y va apoyando su parte cada vez más saliente contra K, hasta llegar al tope cuando la zapata se apoya y frena sobre el tambor (detalle 3). Como las ondulaciones de las levas han ido encajando y saltando sobre el resalte H, cuando no se pueda girar más T será cuando un saliente de la leva monte sobre el reslate H: entonces se deja girar a izquierdas T hasta que encaje el entrante inmediato y ya queda hecho el reglaje, pues la diferencia entre el saliente y entrante de cada ondulación es justamente la holgura que debe haber entre zapata y tambor de freno.

En las ruedas traseras (Fig. 7.6), el ajuste es único para ambas zapatas y como se ve en la derecha de C, es el mismo sistema que el explicado para las ruedas delanteras (véase T en el detalle 1).

E) En los demás casos de frenos hidráulicos el reglaje es análogo a los expuestos. Por ejemplo, en bastantes automóviles populares, para un ajuste corriente (Fig. 7.19) basta actuar como ya se dijo en C) sobre las excéntricas 17; pero si alguna rueda denotara una apreciable falta de frenado respecto a las otras, o el recorrido en vacío del pedal llegase a ser excesivo, después de desmontar las ruedas y tambores se actúa en los ejes 22 de articulación de las zapatas, que suelen ser excéntricos: si tienen tuerca de sujeción se afloja para girar ligeramente la excéntrica; si no, se extraen y se vuelven a meter con objeto de acercar la zapata al tambor, dejando una holgura de una décima medida donde termina el forro. A continuación se regulan las excéntricas 17 de modo que la holgura entre forro y tambor, medido a su altura, sea de 2,5 décimas.

4°. Efectuadas las anteriores operaciones, deben quedar los frenos sensiblemente igualados por eje.

Se comprobará en carretera que están equilibrados, y si se necesitaran pequeñas correcciones finales se harán ligeros retoques en los órganos de "ajuste corriente".

Si la prueba, durante la cual se irán dando frenazos cada vez más fuertes y a mayores velocidades, revelase un desequilibrio de importancia, se vuelven a realizar las operaciones descritas, poniendo el mayor cuidado en la igualdad de los reglajes para cada rueda, y después se prueban nuevamente en carretera.

Durante el uso normal del vehículo se nota que poco a poco es necesario ir pisando más a fondo el pedal para obtener el mismo efecto de frenado. Esto puede ser producido por aire en las canalizaciones, que muchas veces se expulsa, sin necesidad de purgar los frenos, dando varias pisadas repetidas al pedal; otras habrá que purgar los frenos en la forma expuesta. Pero también puede ser la causa el desgaste paulatino de los forros, que se corrige haciendo el ajuste expuesto. Si, pese a ello, se nota debilidad en los frenos, se hará un reglaje completo, mejor en un taller especializado, y si los forros tuvieran gastada la mitad de su expesor, se repondrán a la vez que se hace un repaso general de frenos en los aparatos especiales de medida.

En el caso de mando mecánico (Figs. 7.7 y 7.12) se produce de la manera que a continuación se expone.

Después de levantar las ruedas se afloja la tuerca de la excéntrica X y se gira ésta en el sentido de la rotación adelante de la rueda hasta dejar un huelgo de 2,5 décimas entre esa zapata secundaria y el tambor, medido con un calibre de hojilla insertado a la altura de la parte media de la zapata. Se aprieta la tuerca de la excéntrica para dejarla fija, y se aprieta la rueda del tornillo R para separar las zapatas hasta que el tambor quede agarrotado: entonces se afloja R lo justo para que el tambor pueda girar sin roce. Realizado este ajuste en las cuatro ruedas, se prueban los frenos en carretera; si hay que hacer algún leve retoque, se accionan ligeramente los tornillos R.

El *reglaje completo* se hace cuando el ajuste explicado no basta. Levantando el vehículo y quitando el tambor se limpian los mecanismos; se coloca el tambor y se le gira hasta que el orificio de inspección esté a unos 4 cm. de la ruedecilla R, sobre la zapata secundaria, la que lleva excéntrica. Por ese agujero se mete una hojilla-calibre de 2,5 décimas y se gira la excéntrica X hasta que el calibre es agarrado (ajuste exacto del huelgo a 2,5 dmm.). Entonces se gira el tambor hasta que el orificio de inspección está a unos 4 cm. antes del soporte C, y en ese sitio se mete por dicho orificio el calibre entre zapata y tambor; se afloja la tuerca de C y se gira este eje, hasta que se note agarrado el calibre. Se aprieta la tuerca C y se reajusta la holgura anteriormente medida, actuando otra vez y del mismo modo en X, o sea, con el tambor de nuevo a 4 cm. de R, en forma de dejar aseguradas las 2,5 décimas, que se habrán alterado al actuar en C. Ahora se aprietan las tuercas de fijación de X y C, cuidando que ni la excéntrica ni su soporte giren durante el apriete de sus tuercas. Se comprueba que todos los huelgos citados se conservan a 2,5 décimas; y si no es así, se repiten las operaciones. Después se actúa en R para que las zapatas se aprieten e inmovilicen el tambor; y, por último, se afloja R lo justo para que la rueda pueda girar libremente.

Por lo expuesto se ve que el reglaje completo es, simplemente, perfeccionar el ajuste para comprobar que la holgura de 2,5 décimas entre tambor y zapata secundaria existen por igual a lo largo de toda ésta.

Frenos mecánicos Girling. Para separar las zapatas y apretarlas contra el tambor, no se usa la leva giratoria L (Fig. 7.2), sino una cuña que se manda entrar o salir perpendicularmente al plato.

12. CENTRAL HIDRÁULICA CITRÖEN

La aparición del modelo "DS" de Citröen señaló una original y lógica novedad, centralizando en una instalación única la fuerza hidráulica que acciona diversos servicios, hasta entonces servidos por separado. Para mayor claridad de la explicación, se presenta en dos dibujos (Fig. 7.30): A, que indica la fuente de energía y la bomba, y los servo-mandos de dirección y suspensión; en B se detallan frenos, embrague y cambio. Para mejor comprensión, léase la explicación dada sobre la suspensión óleo-neumática.

Dibujo A: El aceite del depósito 1 es aspirado por la bomba 2, movida por el motor mediante la transmisión de correa. El líquido a presión se envía al acumulador principal 3, provisto de válvula de descarga y sigue al distribuidor 4, que alimenta los diversos circuitos. Para la *dirección,* el aceite lo envía a la válvula 5, giratoria con la columna de la dirección a una u otra cara del émbolo de la servodirección 6, donde mueve la cremallera en el sentido correspondiente a la rotación del volante V.

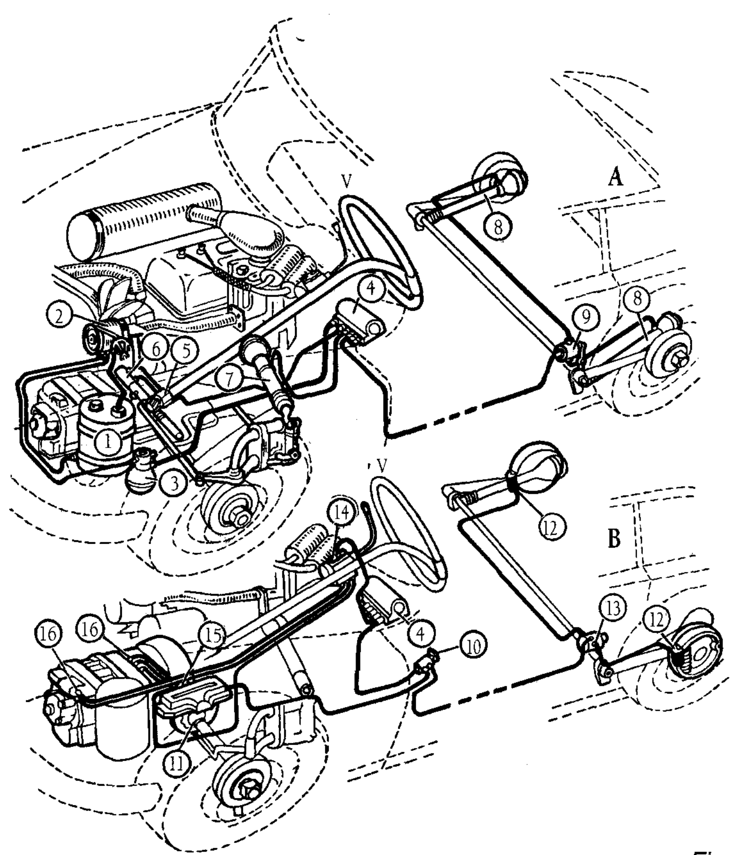


Figura 7.30.

Para la *suspensión*, el aceite sale de 4 a los elemento delanteros y para los traseros 8 a través del nivelador 9, según se explicó más atrás.

Dibujo B: Para los *frenos*, sale el aceite de 4 al pedal 10, que manda dos circuitos independientes de frenado delante y detrás. En el momento de frenar, el líquido a presión es dejado pasar por 10 a los frenos delanteros de disco 11 (están colocados a la salida de los palieres de tracción delantera, y sólo se ve uno), y a la vez a los traseros de tambor 12. Un repartidor 13 dosifica automáticamente las proporciones de esfuerzo de frenado delante y detrás con arreglo a la carga del eje trasero, obteniendo así un correcto equilibrio.

Para el *embrague y cambio* sale el aceite de 4 hasta el selector 14 mandado por una palanca bajo el volante V. Cuando el conductor mueve 14, el aceite es enviado al embrague por 15, produciendo el desembrague y embrague automáticamente. Una vez elegida la combinación del cambio el selector envía el aceite a presión a los mandos 16 para engranar o desengranar los piñones correspondientes.

Hay además un modulador que rige la rapidez de los embragues, un regulador que desembraga automáticamente en ralentí y un mando auxiliar que, desde el tablero, produce el embragado cuando se para el motor.

13. TIPOS DE CIRCUITOS

Actualmente existen en la mayor parte de los países exigencias sobre el freno de pie, que debe estar compuesto por sistemas independientes, ya que una sola fuga en el sistema hidráulico podría poner fuera de funcionamiento todo el sistema. Existen diferentes tipos de circuitos.

1. *Distribución por eje.* (Fig. 7.31)

En este sistema cada circuito atiende a un eje, uno para las ruedas delanteras y otro para las traseras. Como las ruedas delanteras reciben más de la mitad del peso del vehículo en las frenadas, con sólo las ruedas posteriores frenando se obtiene menos de la mitad del efecto total.

2. *Sistema en diagonal.* (Fig. 7.32)

Cada circuito atiende a una rueda delantera y la posterior del lado opuesto. Con esto se consigue un 50% de la fuerza de frenado en cada circuito. No obstante, como las ruedas delanteras frenan más intensamente, existe el riesgo de que el frenado sea desigual.

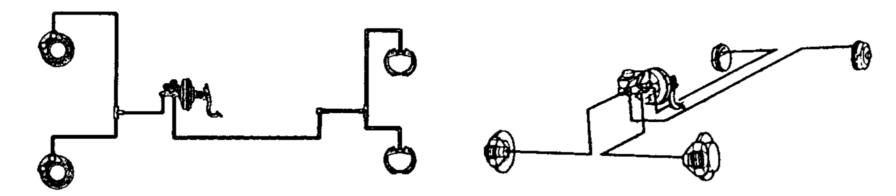


Figura 7.31. *Figura 7.32.*

3. *Sistema* 2+4.(Fig. 7.33)

Un circuito abarca a las cuatro ruedas y otro a las dos delanteras. Los frenazos con sólo el circuito reducido en funcionamiento proporcionan algo más del 50% de la fuerza total de frenado.

4. *Sistema triangular.* (Fig. 7.34)

Cada circuito atiende a tres ruedas, dos delanteras y una trasera. Frenando con sólo uno de los circuitos se obtiene casi un 80% de la fuerza total de frenado.

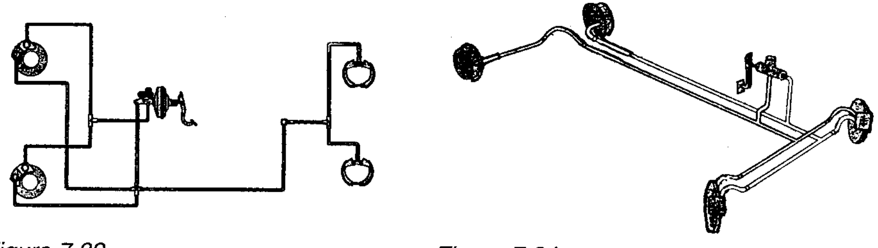


Figura 7.33. *Figura 7.34.*

5. *Sistema* 4+4.

Consiste en circuitos dobles completos para cada rueda. Este proporciona más seguridad que cualquiera de los anteriores, pero es tan costoso que no lo lleva prácticamente ningún vehículo fabricado en serie.

14. SISTEMA ANTIBLOQUEO DE RUEDAS (ABS)

El evitar el bloqueo de las ruedas de un vehículo es una de las exigencias que presenta mayor complejidad debido a la diversidad de parámetros que deben considerarse, cuestión que lógicamente se agudiza en los grandes vehículos dada la variedad de distancias entre ejes, tipos de carrocerías, diferencia de peso entre cargados y vacíos y entre ejes, mayor transferencia de carga al frenar y una mayor inercia de las ruedas y del tren de rodaje, factores todos que influyen en la frenada.

En carreteras resbaladizas y en situaciones de emergencia, un exceso de frenado provoca con frecuencia el bloqueo de las ruedas. Una rueda bloqueada prácticamente no transmite fuerza lateral alguna; por tanto, el vehículo se hace inestable y, en caso de bloqueo de las ruedas delanteras, ingobernable. Así mismo, en superficies lisas o resbaladiza, la distancia de parada con las ruedas bloqueadas aumenta sensible y peligrosamente; en carretera seca el problema consiste en la abrasión de los neumáticos.

La *finalidad del sistema* consiste en mantener la manejabilidad y estabilidad del vehículo, es decir conservar su gobernabilidad, durante el frenado, y reducir la distancia de parada, en cualquier condición de la carretera.

14.1. Estructura

El Sistema Anti-bloqueo de Ruedas (ABS) es complementario de la instalación de frenado normal, y está integrado por (Fig. 7.35): captador de velocidad, 1; receptor-bombín de freno, 2; bloque o grupo hidráulico, 3, integrado por la válvula electromagnética de regulación "a" y la bomba "b"; cilindro maestro, 4; calculador electrónico, 5, del que forman parte los módulos A, calculador, B, regulador y C, control del testigo de alarma; avisador o lámpara de control, 6; y corona o rueda dentada, 7.

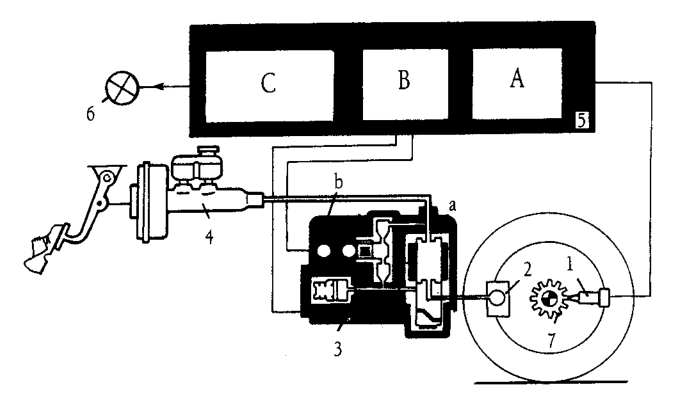


Figura 7.35.

14.2. Funcionamiento del sistema

Cuando la velocidad del vehículo alcanza los 5 ó 6 Km/h, el dispositivo antibloqueo se autocontrola y está en disposición de actuar.

Si durante la frenada el captador de velocidad 1 (Fig. 7.36) detecta un brusco aumento de la deceleración de una rueda, aviso de un inminente blocaje, el calculador 5 actúa sobre la válvula de regulación correspondiente en 3, e impide cualquier aumento de la presión hasta hacerla caer tanto que la rueda encuentra una deceleración máxima sin blocaje. En esta situación, la fase inversa se desbloquea y se restablece la presión entre el cilindro maestro 4 y el receptor-bombín de freno 2. Durante una frenada en la que entra en acción el antibloqueo de ruedas, el ciclo descrito puede repetirse hasta 10 veces por segundo.

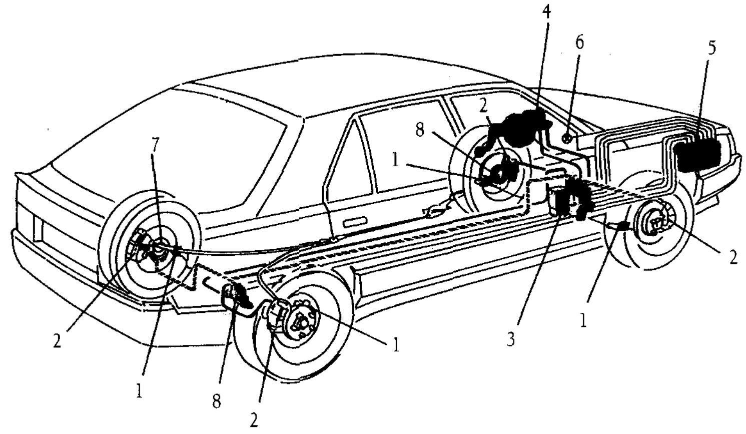


Figura 7.36.

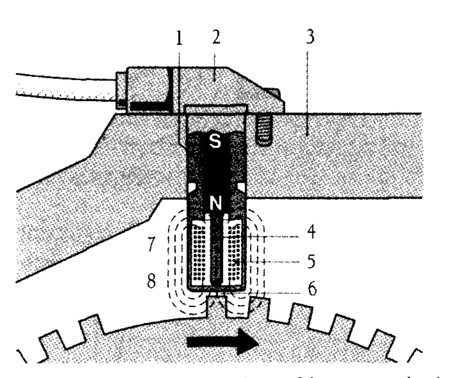
Las dos válvulas electromagnéticas de los frenos traseros alimentan a éstos de igual forma.

Un eventual incidente en el sistema del dispositivo antibloqueo será indicado al conductor por medio de un avisador luminoso 6 en el tablero de instrumentos. En esta situación el vehículo conserva su sistema de frenos clásico y el compensador 7 asegura su plena eficacia. 8 es la corona dentada.

14.3. Los elementos del sistema

14.3.1. Captador de velocidad y corona dentada

La sucesiva alternancia de dientes y de la rueda dentada, es recogida por la bobina conectada a la unidad de control. La unidad de control evalúa la velocidad de la rueda (Fig. 7.37).



1 Imán permanente 2 Cuerpo 3 Cuerpo del motor 4 Núcleo de hierro dulce 5 Devanado (bobina) 6 Entrehierro 7 Campo magnético 8 Rueda transmisora con marca de referencia

Figura 7.37.

14.3.2. El calculador electrónico (ECU)

El calculador electrónico evalúa la velocidad de rotación de la rueda por la señal enviada desde el captador y suministra una corriente contínua de unos 5, 2, ó 0 amperios a la válvula electromagnética de regulación, del bloque hidráulico, prevista para cada rueda, modificando su resistencia interna. (Módulo A)

Asimismo controla la operación de activado-desactivado del relé de las válvulas y el de la bomba. (Módulo B)

Si se produce un mal funcionamiento detectable electrónicamente en el sistema, el módulo de control C hace que la luz de advertencia se encienda, desactiva el ABS y el sistema de frenado del vehículo vuelve a frenar normalmente. El módulo de control chequea el sistema cuando el vehículo arranca, así como continuamente durante la marcha y las fases de frenado y desfrenado.

Interruptor de luz de parada
Fusible
Batería
A la luz de parada
Captador
Delantera izq.
Delantera dcha.
Posterior izq.
Posterior dcha.
Luz de aviso de anti-bloqueo
Fusible
Interruptor de encendido
Motor
Relé del motor
Cinta fusible
Batería
Fusible
Calculador electrónico
DI
DI
PI
PD
Relé de válvula
Solenoide
(Válvulas electromagnéticas grupo hidraúlico)
L
Alternador

Figura 7.38.

En la figura 7.38 se presenta el esquema eléctrico correspondiente a un circuito de cuatro canales.

14.3.3. El grupo hidráulico

Consta, principalmente, de cuatro válvulas electromagnéticas (una por rueda) y una bomba. Son complementarios un motor, para la bomba, y los relés.

Cuando una excesiva fuerza de frenado bloquea una rueda, el ECU envía una corriente de 5 amperios al grupo hidráulico, que excita la bobina de la válvula correspondiente y desplaza al pistón de tal manera que abre el paso entre el cilindro receptor y la bomba. (Posición de la válvula en "reducción de la presión", Fig. 7.39-A). Cuando la rueda se desbloquea, responde a la dirección; el ECU detecta que la velocidad de la rueda aumenta y vuelve a aplicar la presión hidráulica; se desbloquea y es liberada, y así sucesivamente. Este bloqueo y desbloqueo continuo de las ruedas permite reducir rápidamente la velocidad y el vehículo puede controlarse de manera adecuada. La bomba transfiere el líquido de frenos hacia la canalización del cilindro maestro.

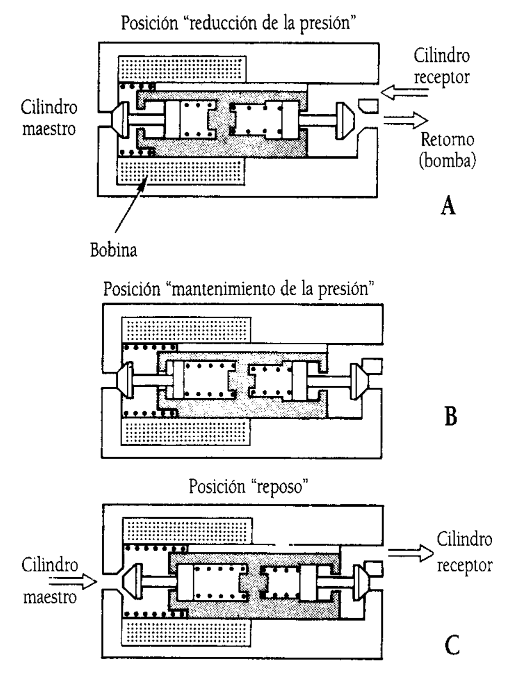


Figura 7.39.

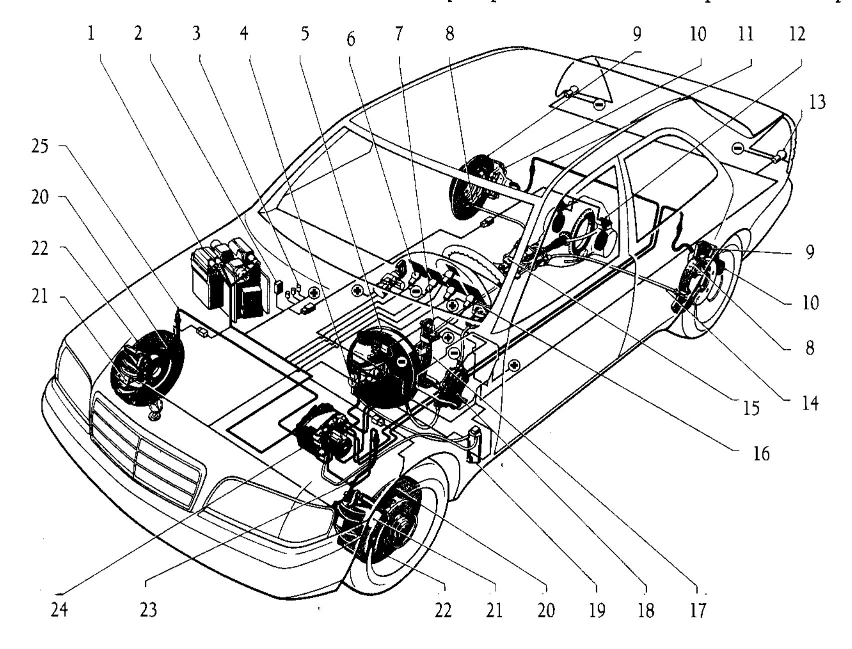
La presión hidráulica puede mantenerse constante por una corriente de 2 amperios, que al excitar la bobina desplaza al pistón y cierra la llegada de la presión del cilindro maestro. (Posición de la válvula en "mantenimiento de la presión", Fig. 7.39-B)

En "posición de reposo" la bobina no recibe corriente, estando en comunicación el cilindro maestro y el cilindro receptor (Fig. 7.39-C).

15. OTROS SISTEMAS

Según las distintas marcas de vehículos y tipos de circuitos de frenado, puede variar la organización del sistema y la constitución de los dispositivos citados, así como ser integrado algún otro.

Los captadores de velocidad, también denominados "sondas" o " sensores", para las ruedas traseras pueden ir instalados en los semiejes correspondientes. En la figura 7.40 se muestra una instalación de sistema de frenos que, para los traseros, adopta dicha disposi-



1. Unidad de control del acelerador electrónico.
2. Relé de protección contra sobretensión.
3. Sensores de la velocidad de giro de las ruedas (eje delantero, eje trasero).
4. Cilindro principal de freno en tándem.
5. Servofreno.
6. Testigo de control.
7. Interruptor de luces de freno (funcionamiento) + (luz de advertencia).
8. Zapatas (freno de estacionamiento).
9. Freno combinado de disco/tambor.
10. Mordaza fija (eje trasero).
11. Tubería de freno.
12. Sensor en el semieje.
13. Luz de freno.
14. Cable de tracción (freno de estación, de pedal).
15. Pieza sujetacables (freno de estación, de pedal).
16. Tirador para soltar el freno de estacionamiento de pedal.
17. Pedal de freno.
18. Freno de estacionamiento de pedal.
19. Bomba de precarga (ASR).
20. Sensor.
21. Mordaza fija (eje delantero).
22. Disco de freno autoventilado.
23. Tubo flexible de freno.
24. Sistema hidraúlico ABS/ASR.
25. Tubería de freno.

Figura 7.40.

ción; corresponde a uno de doble circuito, con ABS y ASR, montado por Mercedes Benz en sus vehículos de la clase C.

El *Sistema Antideslizamiento de Ruedas Motrices* (ASR)

Aprovechando la máxima adherencia disponible de las ruedas motrices, evita el deslizamiento de las mismas, proporcionando total gobernabilidad, elimina el "efecto tijera" e impide que el vehículo sobrepase la velocidad crítica de la curva. Integra las funciones del limitador de velocidad y velocidad de crucero. El sistema incorpora una unidad de control del acelerador electrónico.

El *Sistema Anti Skid Béndix* (ASB).

Se compone de: un grupo electrobomba 1 que suministra presión hidráulica de asistencia; un grupo de presión de frenado 2 que regula la del líquido de frenos en los cilindros receptores; un calculador electrónico 3 que gobierna el grupo de presión de frenado; un captador de velocidad 4 y una corona dentada 5 que informan de la manera ya expuesta; dos testigos luminosos 6 que informan al conductor si el sistema es operativo o no, y una toma de diagnóstico 7. La figura 7.41 corresponde a una instalación Renault de este tipo.

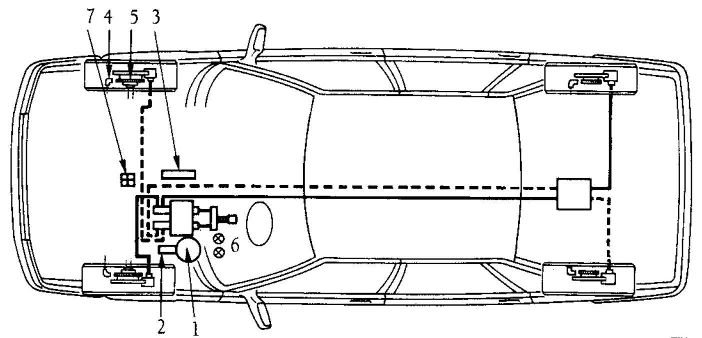


Figura 7.41.

El grupo de presión de frenado está compuesto de seis electroválvulas de regulación y de dos cilindros maestros paralelos unidos al pedal de freno por un balancín.

Cuando el calculador es informado por el captador de una deceleración brusca y estima un riesgo de bloqueo de una o más ruedas, se desencadenan las siguientes acciones:

Delante:

- Cierra la electroválvula de alimentación de líquido de freno del o de los cilindros receptores afectados,
- Abre la electroválvula de retorno del líquido de freno de esos cilindros,
- Cierra la electroválvula de retorno y alimentación del o de los cilindros receptores afectados a través de un orificio calibrado (restricción)

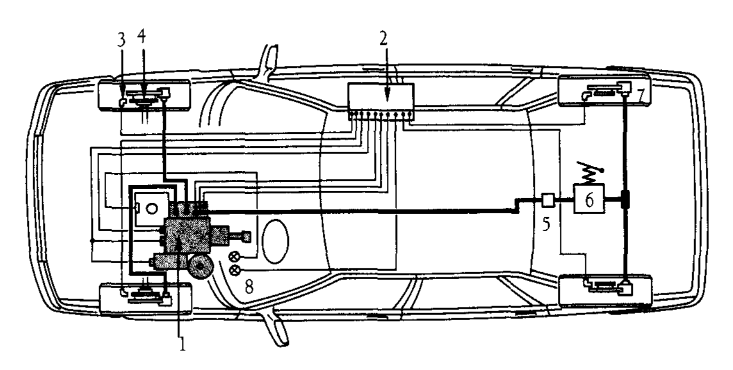
Detrás:

- Abre el retorno al depósito y cierra la alimentación de líquido de frenos, luego cierra el retorno al depósito y permite la alimentación a través de un paso calibrado.

El tren trasero está regulado por el sistema "Select Low", es decir que la rueda con menor adherencia origina la misma regulación en las dos ruedas del tren trasero.

El *Sistema Antibloqueo de Ruedas A.Teves.*

También utilizado por la marca Renault; en la figura 7.42 se muestra un esquema del mismo.



1. Grupo hidraúlico.
2. Calculador electrónico.
3. Captadores.
4. Coronas dentadas.
5. Válvula de retardo.
6. Regulador de frenada.
7. Cilindros receptores.
8. Testigos del cuadro de instrumentos.

Figura 7.42.

Cuando el calculador es informado de una tendencia al bloqueo procede de la manera siguiente:

- Cierra las electroválvulas de alimentación de líquido de frenos de los cilindros receptores implicados,
- Abre las de retorno comunicando dichos cilindros con los depósitos,
- Reabre las electroválvulas de alimentación, si la o las ruedas no presentan tendencia al bloqueo.

El tren trasero está regulado por el mismo sistema "Select Low".

15.1. El Programa electrónico de estabilidad (ESP) de Bosch

El sistema es un complemento del ABS, evita que el vehículo llegue a patinar debido a las intervenciones rapidísimas en el motor, la caja de cambios y los frenos. El frenado de cada rueda es intervenido de forma conveniente.

Cuando un automóvil se encuentra circulando, está sometido a fuerzas longitudinales y laterales que tienden a desplazar al vehículo.

El conductor puede mantener el automóvil estable mientras el agarre de los neumáticos con el firme se mantenga. Si se toman las curvas demasiado deprisa o se es enérgico en el cambio de dirección se generan fuerzas en sentido transversal que pueden hacer girar el vehículo sobre su eje vertical. El automóvil patina y no se puede controlar.

El ESP de Bosch puede generar entonces una fuerza precisa y simultánea a las cuatro ruedas que hace que el automóvil recupere en cierta manera su trayectoria cuando no obedece a los movimientos del volante. Si un vehículo, a pesar de girar el volante, se sale con las cuatro ruedas en una curva a la izquierda, el ESP frena la rueda trasera izquierda para que no se salga de la trayectoria.

Si un vehículo en situación de derrapaje circula por la misma curva, las ruedas traseras se mueven hacia fuera. En este caso, el ESP retrasa la rueda delantera derecha y genera así una corrección a la derecha que estabiliza el vehículo.

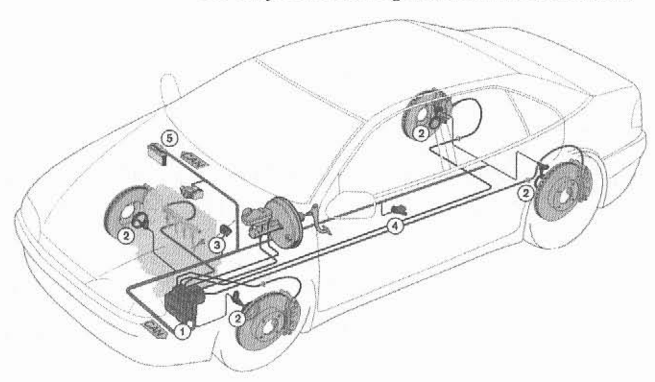
El ESP actuando de esta forma incrementa la estabilidad de trayectoria en todas las situaciones de conducción críticas: en curvas y maniobras de desvío, al frenar, al acelerar o cuando las ruedas giran en vacío. Al mismo tiempo, el ESP mejora el recorrido de frenado del ABS en curvas y calzadas resbaladizas.

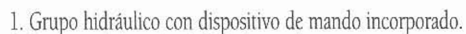
Funcionamiento del programa electrónico de estabilidad.- Para lograr su efecto estabilizador, el ESP utiliza un microprocesador que evalúa las señales enviadas por los sensores ESP:

- Un sensor de ángulo de dirección registra la posición del volante.
- Un sensor colocado en cada una de las ruedas registra la velocidad de las mismas.
- Un sensor muy sensible registra los desplazamientos transversales debido a las fuerzas centrífugas en las curvas.
- Un microprocesador, recoge estos datos e identifica la maniobra que quiere realizar el conductor.

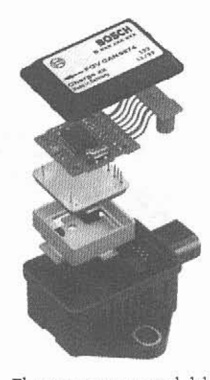
El microprocesador compara de forma contínua la situación real con la ideal, e interviene rapidísimamente si el automóvil se desvía del curso deseado. Envía órdenes al sistema de frenos que genera una fuerza precisa de frenado para cada rueda.. El ESP puede intervenir también reduciendo la velocidad del motor cuando se acelera de forma inconveniente. Copiar las figuras 1,2 y 3 aportadas, con leyenda.

Los componentes del Programa electrónico de estabilidad





1. Grupo hidráulico con dispositivo de mando incorporado.
2. Sensores de la velocidad de las ruedas.
3. Sensor del ángulo de dirección.
4. Sensor de la velocidad de giro y de aceleración transversal.
5. Comunicación con la dirección del motor.



El componente central del EPS: el sensor de la velocidad de giro micromecánico.

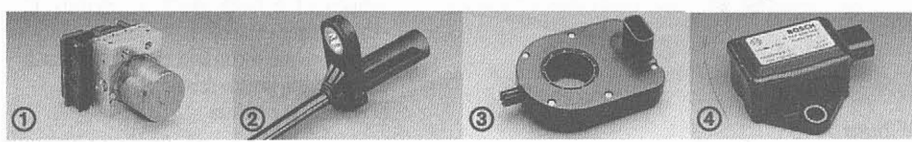
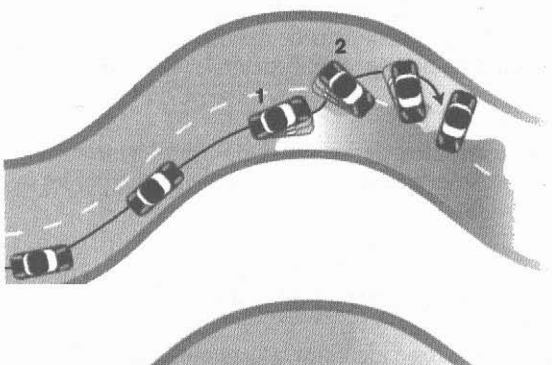


Figura 7.43

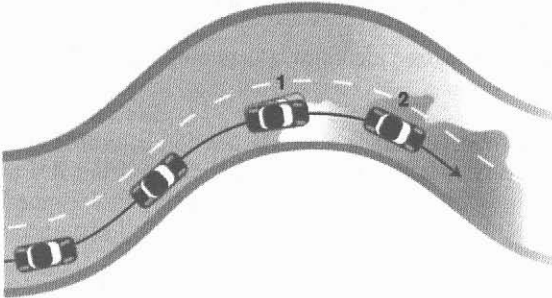
Efectos del ESP.

Situación de conducción: "Conducción sobre superficies irregulares"



Sin EPS

1. El vehículo se sale de la trayectoria, es decir, se sale de la curva con las ruedas delanteras y se pierde el control.
2. Cuando llega al asfalto seco, el automóvil patina.

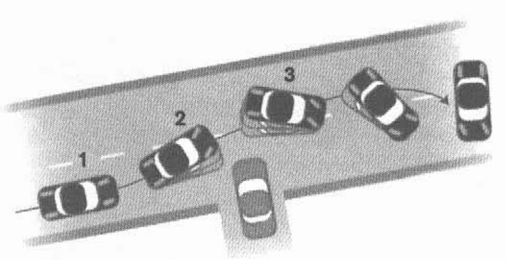


Con EPS

1. El vehículo amenaza con salirse de la trayectoria: se incrementa la fuerza de frenado atrás a la derecha y se reduce el reimen del motor.
2. El vehículo se estabiliza.

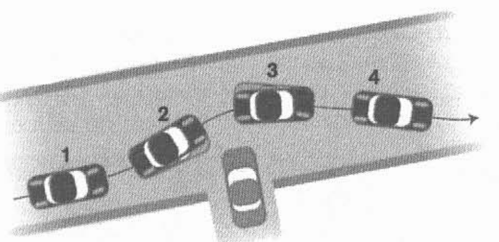
Figura 7.44

Situación de conducción: "Esquivar un obstáculo"



Sin EPS

1. Frenado a fondo, giro del volante: El vehículo no cambia de dirección: El vehículo se desliza hacia el obstáculo, el conductor debe realizar un gran esfuerzo para corregir la dirección y la maniobra de desvío.
2. El vehículo se desliza hacia el obstáculo, gran esfuerzo sobre el volante para corregir trayectoria. Maniobra de desvío.
3. El vehículo patina al girar el volante al otro lado.

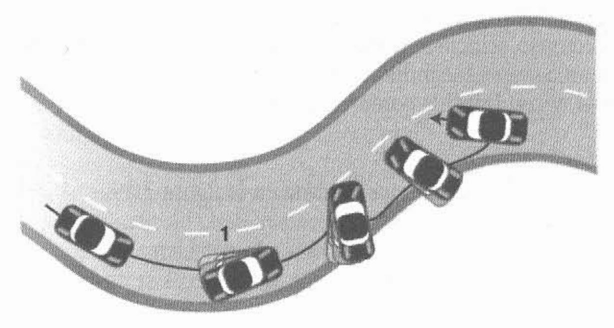


Con EPS

1. Frenado a fondo, giro del volante: El vehículo no cambia de dirección: incremento de la presión de frenado atrás a la izquierda, el vehículo obedece.
2. Frenado en la rueda trasera de izquierda. El vehículo sigue en su carril.
3. Se gira el volante al otro lado: el vehículo amenaza con sobrevirar, frenado delante a la izquierda.
4. El vehículo se estabiliza.

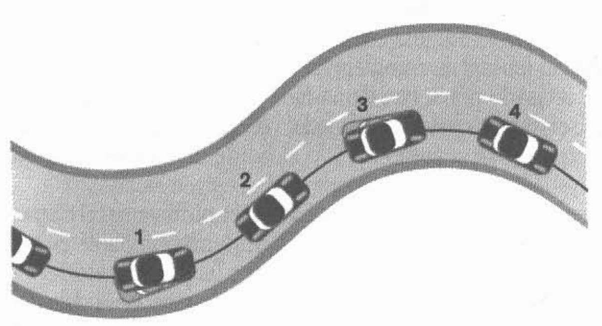
Figura 7.45

Situación de conducción: "Curva infravalorada"



Sin EPS

1. La parte trasera se sale de la trayectoria. Es demasiado tarde para intentar corregir la dirección con el volante. El vehículo patina.

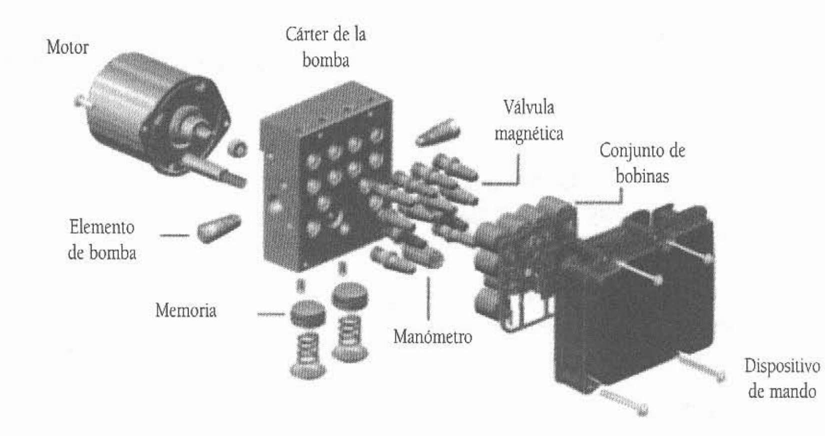


Con EPS

1. El vehículo amenaza con salirse de la trayectoria. Se inicia automáticamente una presión de frenado delante a la derecha.
2. El vehículo se estabiliza.
3. El vehículo amenaza con salirse de la trayectoria. Se inicia automáticamente una presión de frenado delante a la izquierda.
4. El vehículo se estabiliza.

Figura 7.46

Estructura del grupo hidráulico del EPS



16. AVERÍAS EN LOS FRENOS

Aunque los frenos mecánicos desaparecen prácticamente ante el empleo general del mando hidráulico, como quedan en uso vehículos dotados de ellos, en la relación de *causas* de avería que corresponden a cada *síntoma* se indica con (M) la peculiar al mando mecánico, con (H) la de los hidráulicos, y con (HM) la común a ambos sistemas.

1ª. Los frenos actúan con debilidad.

A) Aire en las canalizaciones (H): hágase la purga explicada en la figura 7.19,

B) a.- Forros de material inadecuado (HM): cambiarlos,

b.- Forros mojados por el agua (HM): al secarse vuelven a frenar bien,

C) El pedal se nota "blando", pero si se acciona vivamente varias veces se endurece y realiza el frenado (H): las causas pueden ser:

a.- Aire en las canalizaciones: sangrar y rellenar;

b.- Zapatas desgastadas, con demasiada holgura entre ellas y el tambor: hágase el ajuste correspondiente, y si fuera preciso un reglaje completo;

c.- Cilindro-bomba averiado: revisarlo por si hay demasiado huelgo entre la varilla 1 y el pistón 3 (Fig. 7.16), que debe ser el justo para que el pedal recorra de uno a dos centímetros antes de que empiece a desplazarse el émbolo 13; o el borde del pistón no ajusta bien, la pared del cilindro está rayada, etc.

D) Aunque se pise repetidamente el pedal no se consigue presión ni frenado (H): aparte de que puede ser por la presencia de aire en las canalizaciones, lo más probable es que sea por falta de líquido, rellenar y comprobar que no hay fugas.

E) Puede haber grasa en los tambores de las ruedas traseras (HM) procedente del diferencial por exceso de nivel en la valvolina de éste o porque los fieltros y retenes (Fig. 3.19) que van a la altura de la letra F se han estropeado (reparación de taller).

F) Los forros pueden engrasarse (M) por exceso de lubricación en los ejes de las levas o mecanismos de separación de las zapatas; o de los rodamientos de los cubos de las ruedas (HM): limpiar y aceitar con cuidado.

G) El mando mecánico de los frenos se aflojó (M): debe hacerse un ajuste corriente o, si fuera preciso, un reglaje completo, atirantando lo necesario los cables varillas. Aunque no es probable, conviene comprobar si las levas o cuñas de separación de las zapatas están desgastadas por el uso.

2ª. Pérdidas de líquido.(H)

Examinar los racores, limpiándolos y apretando de nuevo los que rezumen. Si no está ahí la causa, véase si hay fugas en el cilindro-bomba por el lado del fuelle, o en los cilindros de cada rueda, y, por último, examinar todas las tuberías.

3ª. Se necesitan ajustes con frecuencia. (HM)

A) Tambores de freno rayados o desgastados;

B) Los anclajes o pivotes de las zapatas (C, Fig. 7.7; 22 en la 7.18) necesitan limpieza y reglaje, y debe efectuarse uno completo en vez del ajuste corriente;

C) Los forros no son de la clase adecuada al sistema de mando o a la función de los tambores;

D) Orificios 2 y 4 (Fig. 7.16) parcialmente obstruidos (H) por líquido sucio: cambiarlo;

E) Cables de mando atascados en sus forros (M)

4ª. Al pisar el pedal se le nota libre en parte de su recorrido.(H)

El pistón 13 (Fig. 7.16) no retorna por completo y, sin embargo, el líquido regresa: los bordes flexibles 11 están hinchados y corroídos o agrietados, ajustan lo bastante al avanzar, pero al retroceder se pegan al cilindro sin que el muelle 10 tenga fuerzas para empujar el pistón, mientras que el líquido pasa por las grietas. Cambiar la guarnición de goma y usar en adelante el líquido adecuado.

5ª. Al aumentar la velocidad los frenos pierden eficacia marcadamente.(HM)

A) Forros de clase inadecuada;

B) Las zapatas no están bien centradas; el ajuste corriente basta para la marcha normal, pero no al pedir el máximo rendimiento en esfuerzo, debe realizarse un reglaje completo.

6ª. Alguno o todos los tambores se calientan sin pisar el pedal.(HM)

A) No hay holgura entre zapatas y tambor;

B) Las zapatas no se juntan al desfrenar por debilidad o rotura del muelle, o agarrotamiento en sus pivotes;

C) Si es en las ruedas traseras, puede ser desreglaje del freno de mano, o sujeción floja del eje posterior;

D) Zapatas pegajosas por suciedad;

E) Zapatas descentradas.

F) El líquido no regresa por avería en la válvula de retorno 6 (Fig. 7.16), que no se abre, o por obturación del orificio 2 (H);

G) El vástago no tiene holgura y no deja regresar al pistón 13 (H): el pedal debe tener un recorrido inicial en vacío de unos dos centímetros.

H) El pedal no tiene recorrido inicial en vacío (M), debe bajar de dos a cuatro centímetros antes de que se inicie la frenada;

I) Aparejo de mando averiado (M), cable enganchado, varilla torcida; debe hacerse un reglaje general a la vez que se repara el desperfecto.

7ª. El pedal de freno está "duro".

A) Eje del pedal atascado (HM);

B) Anclaje de las zapatas mal ajustado (HM);

C) Tubería obstruida (H)

D) Pedal sin recorrido inicial en vacío, que debe ser de uno a dos centímetros en los hidráulicos y de dos a cuatro en los mecánicos.

8ª. Frenado brusco, a saltos, con trepidaciones. (HM)

Si no es producido por un mal ajuste, debe mirarse:

A) El centrado de las zapatas, haciendo un reglaje completo;

B) Tambores abollados, rotos o deformados, probablemente por un calentón o desgaste excesivo;

C) Algún cuerpo extraño entre zapatas y tambores, incluso aceite o agua;

D) Zapatas rotas o forros sueltos;

E) Rodamientos de las ruedas con exceso de holgura o averiados;

F) Palier torcido;

G) Avería en las válvulas 6 u 8 (Fig. 7.16), que al no cerrar bien permiten regresos indebidos del líquido, o mal estado de la faldilla de 11, que unas veces ajusta y otras no.(H)

9ª. Al frenar, el vehículo tiende a desviarse a un lado.

Esto ocurre cuando una rueda delantera frena más que la otra, defecto peligroso que el conductor ha de estar siempre pendiente de evitar y corregir en el acto, pues por pequeña que parezca la desigualdad, en un frenazo de emergencia puede provocar el vuelco o despiste. Este siempre tira del lado que más frena.

A) Tambor opuesto engrasado (HM);

B) Reglaje desigual de ambos frenos (HM);

C) Zapatas o tambor averiados en un freno (HM);

D) Plato-soporte flojo (HM);

E) Forros de distinta clase en las ruedas (HM), si se repararon los tambores no están igualmente torneados al mismo tamaño; o si se repuso uno no es de la misma fundición que el otro;

F) Una tubería obstruida o picada, o fugas por un cilindro de freno (H).

10ª. Los frenos rechinan o hacen otro ruido al aplicarlos. (HM)

A) Forros mojados , desgastados hasta dejar que los remaches toquen los tambores, o flojos;

B) Zapatas descentradas (hacer un reglaje completo) o bien sueltas o torcidas;

C) Separadores de zapata flojos.

Muchas de las averías expuestas pueden ser remediadas por un conductor cuidadoso; al taller se recurrirá cuando los ajustes y reglajes, o los remedios que fácilmente se deducen de las causas expuestas más arriba, no corrijan los defectos aparecidos.

La averías de la parte "servo" (de vacío, aire comprimido) deben ser corregidas en un taller especializado y autorizado por la casa constructora o concesionarios del vehículo o sus frenos, dado que sus ajustes requieren datos y herramientas de comprobación que no están al alcance del conductor.

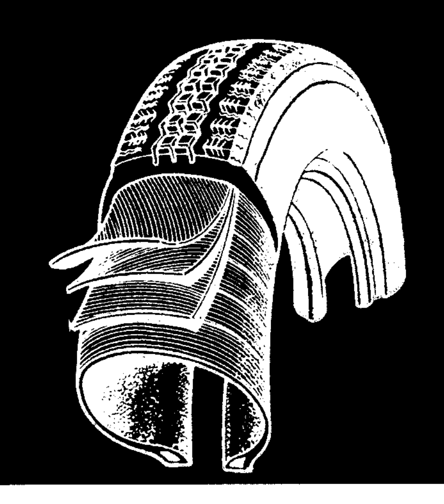
Con vehículos dotados de ABS, al igual que los que carecen de este sistema, se empieza probándolo en diversa condiciones de frenado. Se observará que ante acciones de frenado suave no entra en funcionamiento el sistema antibloqueo, y que sí lo hace ante acciones bruscas, sin quedar ninguna rueda bloqueada. La, o las, lámparas testigo indicarán si hay anomalía.

Para verificar el correcto funcionamiento de estos sistemas se utilizan también aparatos de control específicos.

Notas

1. En Francia, los vehículos deben estar dotados de un sistema principal de frenos capaz de producir una deceleración de 5,8 m/s cada segundo, a 80 Km/h y con un esfuerzo sobre el pedal inferior a 50 Kg. Asimismo deben disponer de un sistema de emergencia capaz de producir una desaceleración de 2,75 m/s cada segundo, y de mantener retenido el vehículo sobre una pendiente del 18%.

En España, el freno de estacionamiento ha de ser capaz de mantener inmóvil el vehículo, en cualquier condición de carga, sobre un desnivel, ascendente o descendente, del 16%.



Capítulo 8

Ruedas y Neumáticos

1. GENERALIDADES

Las ruedas de los automóviles, actualmente, son todas metálicas y desmontables, es decir, que pueden separarse del vehículo y cambiarlas con facilidad. Constan de:

- *Cubo*. Por el que se ajusta al eje o a la mangueta. No pertenece específicamente a la rueda, si bien es un elemento imprescindible para su montaje.
- *Llanta*. Sobre la que se monta el neumático.
- *Disco*. Enlaza la llanta y el cubo.

Tres son los tipos básicos de ruedas (Fig. 8.1): de *disco de acero templado, disco de aleación ligera, y de radios.*

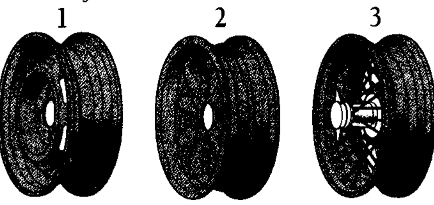


Figura 8.1.

Las ruedas casi siempre se montan en los tambores de los frenos (Fig. 7.2), los cuales llevan según el tamaño de la rueda de cuatro a diez espárragos que pasan por los orificios del cubo y la sujeción se hace con tuercas; otras veces la unión se realiza mediante el enlace del disco de la rueda al tambor, o al disco de freno, por tornillos de asiento esférico. En los turismos las tuercas o roscas se tapan con una pieza llamada *tapacubo* o *embellecedor*, que generalmente se sostiene por resortes.

La rueda de disco de acero templado o de palastro (Fig. 8.1-1) tiene forma más o menos cónica, para darle mayor rigidez transversal, y por su borde lleva remachada o soldada la llanta; los orificios la aligeran sin perjuicio de la resistencia, siendo actualmente el tipo de rueda que más se usa. La rigidez, resistencia y ligereza son grandes, y la construcción en serie resulta barata. Las aberturas practicadas en el disco sirven para que circule el aire enfriando los tambores o discos de freno, y además permiten colocar con facilidad las cadenas antideslizantes.

Las ruedas de aleación ligera (Fig. 8.1-2) se utilizan en vehículos de competición y actualmente en vehículos convencionales, en los que suelen ofrecerse como opciones. Confeccionadas en aleaciones de aluminio y magnesio, su menor peso en comparación con las de acero permiten que pueda ser más ancha, facilitando el montaje de neumáticos de mayor sección. Al ser estas aleaciones muy buenas conductoras del calor, permiten una mejor refrigeración de los frenos.

Las ruedas de radios (Fig. 8.1-3), habían dejado de usarse salvo en algunos automóviles especiales y caros, por razones de precio y moda, pero ésta las resucita a veces, considerándolas como un extra de lujo, aparte de su excelente calidad. Están formadas por dos o tres series de radios de alambre de acero que enlazan el cubo con la llanta y que se montan con una fuerte tensión inicial, graduable en algunos modelos por tensores. Es una rueda muy ligera y resistente pero de construcción más cara y más difícil de limpiar que las de disco.

2. UNIÓN DE LA RUEDA AL EJE

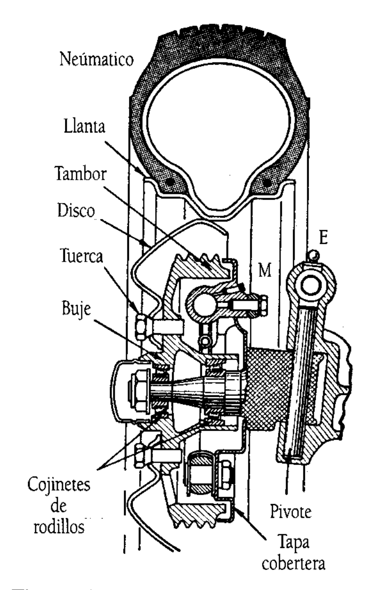


Figura 8.2.

En la figura 8.2 se detalla la unión de una rueda delantera al eje: sobre la mangueta van colocados dos cojinetes de rodillos o de bolas, en el caso representado son de rodillos cónicos, especialmente aptos para resistir empujes laterales; la envuelta exterior de los rodamientos forma el *buje* de la rueda, o parte interna del cubo, al que se fija permanentemente el tambor giratorio del freno; a éste se sujeta el disco de la rueda por los pernos tuercas. E es el engrasador del pivote y M el mando del freno.

En la figura 8.3 se detalla la organización de una rueda delantera con rodamiento de bolas sobre la mangueta 12. Ésta se articula por 11 en A y B, extremos de los brazos superior e inferior de la suspensión independiente por resorte 6 y amortiguador 7. A y B son rótulas esféricas que también sirven de pivote a la rueda en las viradas de la dirección ordenadas por el brazo de acoplamiento 13.

Al cubo 3 se sujetan el tambor de freno 1 y la rueda con llanta 2. El tapacubo es 4. El plato soporte del freno es 9, el cilindro de mando o separador de zapatas es 10, y 5 el reglaje. 8 es un tope de caucho limitador del ballesteo.

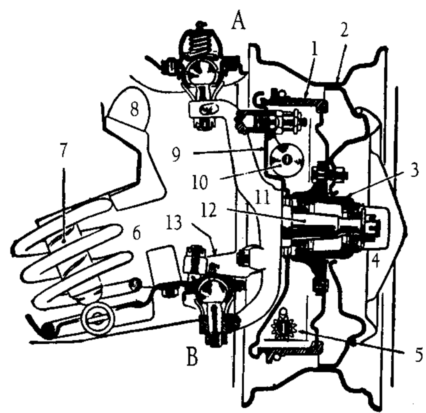


Figura 8.3.

En las ruedas traseras (Fig. 8.4) el buje se encaja por ranuras o chavetas solidario del extremo del palier; al buje se fija el tambor del freno y a éste se sujeta el disco D de la rueda en la misma forma que para las delanteras.

La fijación de la rueda de radios, además de hacerse al tambor de freno mediante tuercas como es lo corriente y se explicó en la figura 8.2, puede efectuarse por tuerca central (sistema Rudge, que en la figura 8.5 y su detalle 2 aparece aplicado a una rueda de alambre, pero que se usa también con las de disco).

El interior del cubo de la rueda va estriado y encaja en las ranuras correspondientes del buje. Para mantener la rueda en posición se atornilla sobre el buje el tapacubo J, cuya banda exterior cónica K aprieta y ciñe al macho cónico del cubo que encaja dentro de ella. Este sistema de sujeción se emplea en automóviles deportivos y de competición, por la rapidez con que permite el desmontaje y cambio de las ruedas. El tapacubo queda firmemente sujeto por el apriete de las superficies cónicas, y además porque con la marcha se acentúa; en efecto, el tapacubo tiende por inercia a quedarse retrasado con relación al giro de la rueda, de modo que si está en marcha adelante gira a derechas, lado derecho del vehículo; basta hacer la rosca a izquierdas para que se acentúe el apriete; y si es un buje del costado izquierdo, en el que la rueda gira en ese sentido, se hace rosca a derechas. La unión se perfecciona con la interposición de una arandela de cobre en doble cono que hace más firme el contacto; el tapacubo suele llevar unas orejas J que sirven para manejarlo y para darle el último apriete o iniciar el aflojamiento mediante un golpe dado, con un martillo de cobre, en el sentido apropiado que suele venir marcado por una flecha para el desmontaje ("undo").

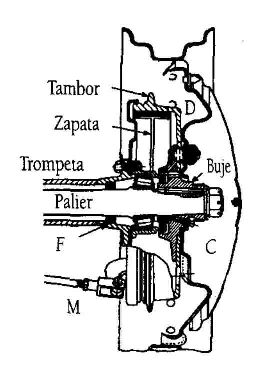
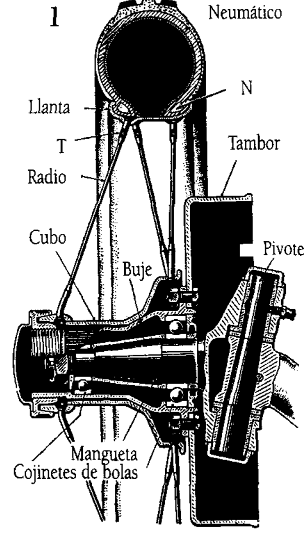


Figura 8.4.

Conviene advertir que, para el sentido de la rosca, algunos fabricantes entienden que, siendo la deceleración producida por los frenos muy superior a la aceleración del motor, es en el momento de la frenada cuando el tapacubo peligra de aflojarse por inercia, y en vista de ello el sentido de la rosca resulta contrario: a derechas en el lado derecho, y a izquierdas en el lado izquierdo. Por tanto, si no hay flechas indicadoras, habrá que tantear hasta aprender como van roscados los tapacubos. Algunos automóviles tienen una sujeción supletoria del tapacubo que elimina la duda: en el centro llevan una estrella que encaja en el buje, y para desmontar la rueda se afloja un tornillo de retenida y se aprieta la estrella, que se hunde un poco, desengranándose del buje.

Cuando la sujeción de la rueda, de disco o de alambre, se hace al tambor del freno, algunos constructores han seguido el criterio de variar el sentido de la rosca según el costado con objeto de prevenir el aflojamiento de las tuercas durante la marcha; pero también aquí es aplicable la duda anterior.

En la figura 8.6, se observa la sujeción de una rueda delantera, con freno de disco. 1 es la llanta de disco; 2, la tapa cobertera del freno; 3, el disco de freno; 4, el cubo con dentado para ABS; 5, el tapacubo; 6, la tuerca de apriete; 7, rodamiento, de rodillos cónicos; 8, tornillo de asiento esférico; 9, el embellecedor; 10, la mordaza de freno, flotante; 11, el sensor ABS.



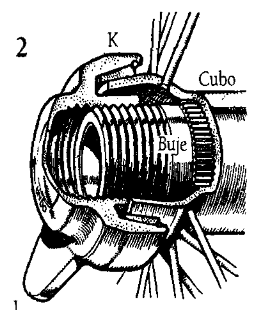


Figura 8.5.

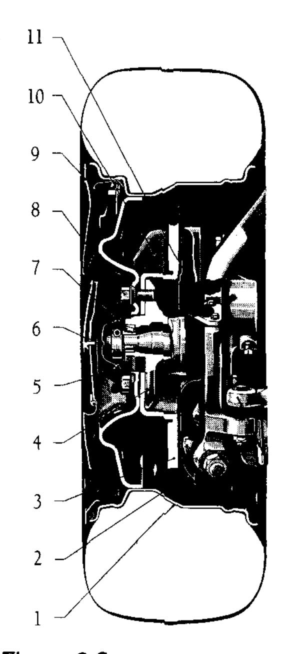


Figura 8.6.

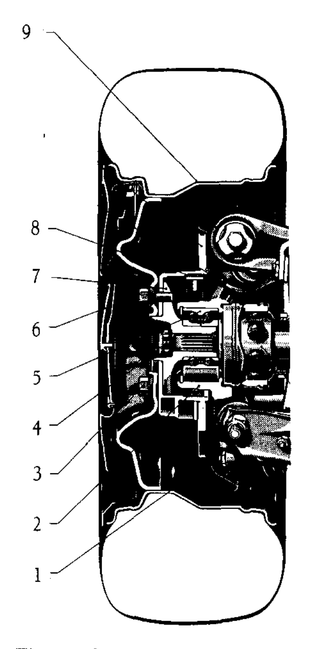


Figura 8.7.

La figura 8.7 muestra el montaje de una rueda trasera con freno de disco; como la anterior corresponde a un vehículo Mercedes Benz, en sus vehículos clase C. 1 es la tapa cobertera de freno; 2, porta-ruedas; 3, tornillo de asiento esférico; 4, tuerca de collar; 5, cojinete de rueda; 6, embellecedor; 7, cubo; 8, forro del freno de estacionamiento; 9, llanta de disco.

En algunos camiones se utilizan ruedas de gruesos radios metálicos (Fig. 8.8) sin llantas; la rueda va fija por los espárragos y tuercas S, y sobre los radios se coloca la *llanta desmontable* L, que es la parte que se separa del vehículo en caso de cambio de neumático (cambiar toda la rueda sería tener que manejar demasiado peso, y por ello se independiza la llanta del resto); va sujeta por las pestañas con tuerca B. Como más adelante se verá, la llanta L puede ser entera, de una pieza partida o compuesta por dos o tres trozos.

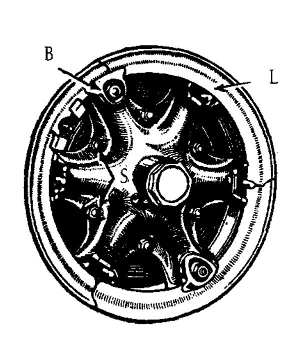


Figura 8.8.

3. DESMONTAJE DE LA RUEDA

Para desmontar la rueda del tambor de freno a que va sujeta (o del buje, si la sujeción es por tuerca central), se levanta el vehículo mediante el *gato* o *cric*, que se coloca debajo del eje más próximo a la rueda o en el lugar especialmente habilitado por el fabricante y que aguanta el peso del vehículo permitiendo retirar aquélla. Con los neumáticos balón, en caso de pinchazo, el desinflado hace bajar tanto el vehículo en ese punto y el eje se queda tan cerca del suelo que el gato debe ser muy chato para que quepa, y en cambio de gran desarrollo para levantar el eje todo lo necesario para poder colocar la nueva rueda inflada.

En ocasiones, al pretender usarlos en carretera, algunos gatos que figuran en el equipo de herramientas no caben entre el suelo y el punto por donde elevar el eje de la rueda; por ello, o bien se adquiere un gato especial muy bajo y de desarrollo múltiple, o lo que es mejor, llevar dos gatos uno de ellos pequeño para levantar el eje lo necesario para meter el otro.

Otras veces, con el gato apoyado en la llanta de la rueda, se levanta el vehículo hasta poder meter un polín bajo el eje para sostenerlo, dejando la rueda sin tocar el suelo.

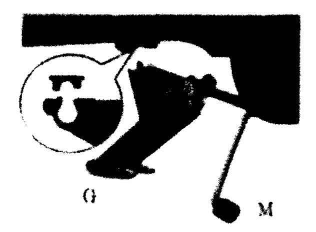


Figura 8.9.

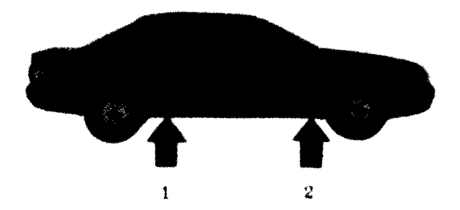


Figura 8.10.

Los gatos modernos son de gran desarrollo y se colocan en huecos o en "ménsulas", apoyos especiales de la carrocería, como se ve en las figuras 8.9 y 8.10; en la primera, el gato vertical G inserta su saliente en el hueco 1, para la rueda trasera, o 2, para la rueda delantera, y con la manivela M se sube el vehículo hasta dejar libre del suelo a la rueda que se quiere cambiar.

Es aconsejable, además de tener el vehículo frenado, calzarlo con la cuña 3 en el sentido que pudiera deslizarse. En la figura 8.10 el gato de trapecio G se coloca debajo del apoyo 4 que lleva la carrocería cerca de la puerta correspondiente.

4. LLANTAS. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES

Las características de una llanta vienen definidas por (Fig. 8.11):

- Ancho interior, F.
- Altura de pestaña, H.
- Diámetro nominal, ø.
- Bombeo, distancia entre el disco y el eje de simetría de la rueda, D.

Estas dimensiones suelen expresarse en pulgadas.

Otros elementos que definen a una llanta son: el perfil de sus bordes y del asiento del neumático, el número de agujeros del disco y diámetro del perno del buje en que se fije.

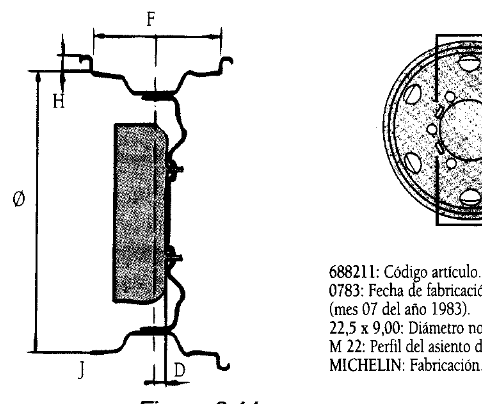
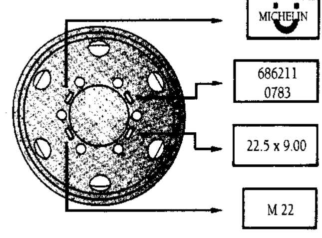


Figura 8.11.



688211: Código artículo.
0783: Fecha de fabricación.
(mes 07 del año 1983).
22,5 x 9,00: Diámetro nominal y cota F de la llanta.
M 22: Perfil del asiento del neumático.
MICHELIN: Fabricación.

Figura 8.12.

Estas características se marcan en la llanta o en el disco y según los distintos fabricantes, varía su disposición y los datos reflejados.

En la figura 8.12 se expone el ejemplo de marcaje en una rueda "Michelín", de disco; la letra M indica el perfil del asiento del neumático.

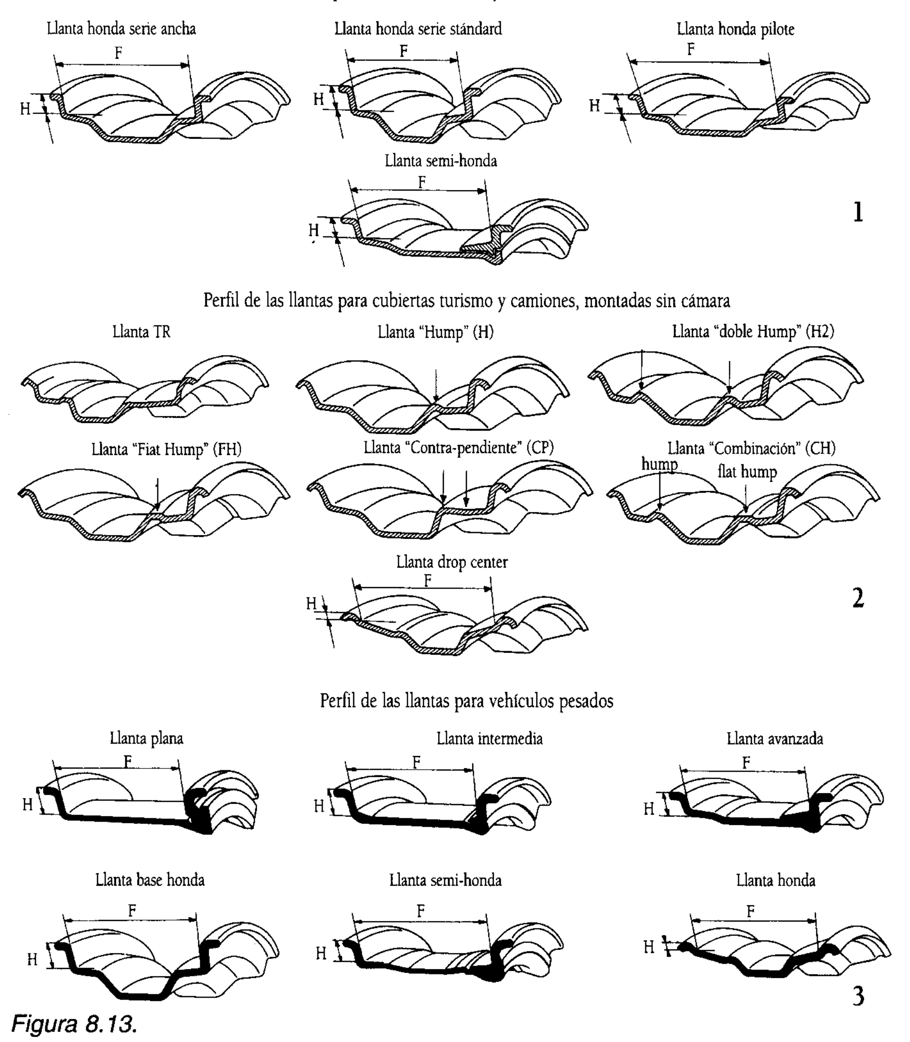


Figura 8.13.

La figura 8.13-1 muestra el perfil de las llantas para cubiertas de turismos y camiones, montadas con cámara; en la (2), para los mismos tipos de vehículos montadas sin cámara, y en la (3) para vehículos pesados.

5. NEUMÁTICOS

5.1. El caucho

El caucho es un producto del árbol originario de Brasil que lleva su nombre y que se cultiva en países tropicales húmedos. Al sangrar el árbol se recoge el líquido lechoso, látex, que en su tercera parte está compuesto por partículas de goma pura.

Desecado el látex, se mezcla con proporciones variables de azufre, "vulcanización", y otros productos para hacerlo resistente al desgaste, a la rotura, a la oxidación, etc., obteniéndose caucho vulcanizado en grados diversos de dureza, desde el blando usado para las cámaras de aire hasta la ebonita, que es un compuesto rígido. El caucho utilizado en las cubiertas lleva una gran proporción de "negro de gas", especie de hollín obtenido por combustión incompleta de ciertos gases naturales, y compuesto por diminutas esferillas de carbono, de diámetros entre 5 y 125 milésimas de milímetro; gracias a él la resistencia al frote, desgarramientos y a los cortes ha aumentado extraordinariamente.

El caucho así tratado es resistente al agua y a los ácidos, pero lo atacan el aceite mineral y la gasolina, por lo que deben preservarse los neumáticos del contacto con estos líquidos; bajo la acción de la luz y con el transcurso del tiempo se oxida, haciéndose quebradizo.

Los cauchos artificiales se obtienen en su mayoría partiendo del petróleo bruto. El más empleado es el SBR o "Buna S" a base de estireno y butadieno, que también pueden conseguirse del alquitrán de hulla y del alcohol. El SBR es el que más se ha utilizado para la banda de rodadura de los neumáticos, con un treinta por ciento más de duración que el caucho natural. Pero en la elasticidad ninguno llegó a éste hasta bastante después de la segunda guerra mundial. Actualmente el progreso es tal que el polisopreno es realmente un duplicado del natural, y el polibutadieno le dobla además la resistencia, por lo que su aplicación a las cubiertas de automóviles parece de empleo ventajoso.

5.2. Cámara y cubierta

Sobre las llantas de las ruedas se montan los bandajes o cubiertas, cuyas pequeñas zonas de contacto y adherencia con el piso son los puntos de apoyo de toda la fuerza del motor para el avance y de los frenos en las paradas; soportan el peso de vehículo, lo sujetan al piso para resistir los esfuerzos laterales, como el viento o la fuerza centrífuga en la curvas, y a la vez son elementos importantes de la suspensión, absorbiendo las trepidaciones que las pequeñas irregularidades del piso causarían al automóvil.

Actualmente todos los bandajes empleados son neumáticos, es decir que utilizan el aire más o menos comprimido como medio elástico para la suspensión. Los bandajes macizos de goma, antiguamente usados, sobre todo en las ruedas traseras de los grandes camiones, a pesar de perfeccionarse con los denominados semimacizos, provistos de hendiduras y canales con aire, han caído en desuso.

Los neumáticos (Fig. 8.14) constan de dos piezas: la *cámara* N, que contiene el aire a presión introducido por la válvula V, y la *cubierta* C, por la cual se realiza el contacto con el suelo, elemento resistente del bandaje que rodea y protege la cámara, permitiendo inflarla a mayor presión de la que la cámara resistiría por sí sóla.

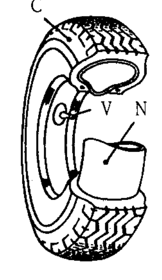


Figura 8.14.

5.2.1. Cámara

La cámara N en forma de anillo tubular se hace de caucho vulcanizado blando y va provista de una válvula V que asoma al exterior a través de un orificio de la llanta. La figura 8.15-1 representa una válvula: dentro de su cuerpo S va el conjunto de piezas del *obús* dibujado a la derecha, compuesto por un soporte metálico roscado R que se atornilla dentro de la parte alta de S y que cierra herméticamente por el cono de goma A; por dentro de R puede desplazarse la varilla V, terminada en un diente que retiene la horquilla H; entre

ésta y el obturador O, fijo a la mitad de la varilla V hay comprimido un resorte. Al atornillar el obús dentro del cuerpo de la válvula S, contra cuyo gollete cónico se oprime el cono A, la horquilla H queda apoyada y retenida sobre un resalto interior de S; pero como la varilla V corre por dentro de H, el resorte aplica con fuerza O contra su asiento en A. El obturador u obús propiamente dicho suele ser un cono de goma blanda que cierra el paso de aire por dentro de A.

Cuando se conecta la tubería de la bomba a la parte superior de S, el aire a presión empuja O hacia abajo y entra a inflar la cámara; cuando cesa la inyección, la misma presión interior de aquella ayuda al apriete del obturador contra su asiento en A, y el cierre es hermético. Si se quiere desinflar la cámara basta empujar el extremo V, con lo que baja O y se abre la comunicación con el exterior.

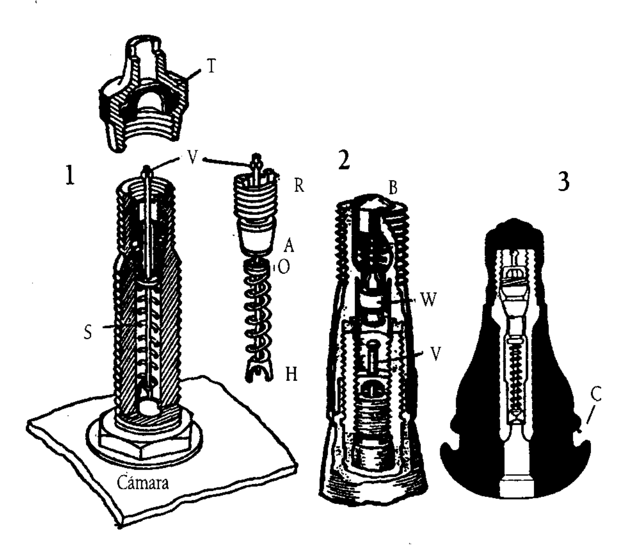


Figura 8.15.

El cuerpo de válvula pasa por el orificio de la cámara, que queda oprimida entre dos placas que aquella lleva en su base, apretadas entre sí por tuercas con arandelas elásticas. Otro sistema de unión es (Fig. 8.15-3), en particular para los neumáticos sin cámara, mediante las escotaduras C de la válvula.

El obús se protege con la tapa roscada T, cuyo extremo superior sirve como destornillador para sacarlo fuera del cuerpo de la válvula: el conjunto se cubre por un capuchón que se atornilla a la parte más ancha de S. En algunos modelos se sustituyen tapa y capuchón (detalle 2) por una sóla pieza protectora B que hace a la vez de segunda válvula W, para no tener que desenroscar nada cuando se aplica la manguera de aire a presión.

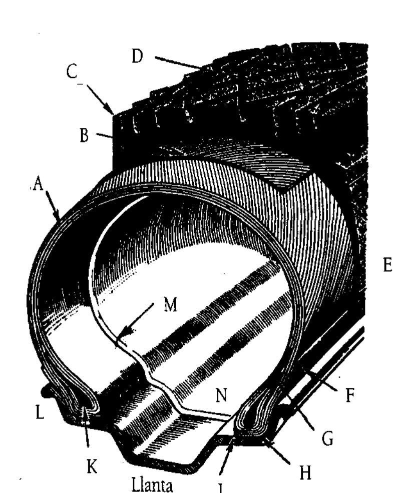


Figura 8.16.

5.2.2. Cubierta

Las cubiertas (Fig. 8.16) están formadas por una armadura o carcasa de tejido textil (algodón, rayón, nilón, poliester o fibra de vidrio) recubierto por una capa de caucho vulcanizado duro, de bastante espesor en la *banda de rodadura* D, que es la parte que se desgasta por su apoyo y roce sobre el pavimento. Antiguamente la carcasa se hacía con tiras de lona superpuestas, de modo que los tejidos

resultaran cruzados, pero la flexión de la cubierta al apoyarse en el piso provocaba un fuerte frotamiento de los hilos de algodón entre sí, desorganizándose las telas rápidamente, razón por la que se recurrió a distintas organizaciones de la armadura.

Según la estructura de la cubierta los neumáticos pueden ser diagonales, radiales o mixtos.

Neumáticos diagonales.

En ellos se sustituyen las lonas por *capas* A (Fig. 8.16) de cuerdas o cables de algodón o de una de las fibras citadas, impregnadas de caucho y que se mantienen unas al lado de otras como señala el dibujo, formando capa mediante baño de caucho. Cada capa se monta sobre la anterior cruzando el sentido de las ruedas (que durante muchos años formaban un ángulo de 45° y se ha ido reduciendo a 40°, y menos, en neumáticos de alta velocidad) y con cuatro de aquellas, o menos, dependiendo del tipo de fibra utilizada, se obtiene un armazón de gran solidez sin que la flexión continua de los *costados* o *flancos* E de la cubierta produzca rozamientos que debiliten la resistencia.

Rodeando estas cuerdas va la capa de caucho vulcanizado duro, corte en negro, que en la base de la banda de rodadura D lleva una o varias fajas B, de tejido cauchutado consistente, como protectoras de pinchazos y para refuerzo de la carcasa. Los bordes de la cubierta se refuerzan con lonas cortas F y con aletas de talón G, para soportar el roce con los bordes de la llanta L.

La banda de rodadura está tallada con resaltes y hendiduras de diferentes dibujos, según las marcas, que agarran sobre las asperezas del pavimento y dan adherencia a las cubiertas para soportar los esfuerzos del motor, frenos, centrífugo, etc. Como el agua es lo que pudiera llamarse el lubricante ideal para el caucho, que resbala sobre ella, se incrementa la fuerza de adhesión mediante una serie de cortes transversales muy próximos: la flexión sobre el piso de las laminillas resultantes hace de ventosa absorbiendo y expulsando el agua, de modo que aumentan la adherencia sobre pavimentos resbaladizos.

Los *hombros* o bordes C de la banda de rodadura se tiende a hacerlos redondeados, al objeto de que al cruzar en diagonal surcos o hendiduras de la vía no se enganche o retenga la cubierta y el paso pueda hacerse sin reacción del volante o alteración de la estabilidad.

Actualmente todas las cubiertas tienen los bordes rígidos, armados por cables K en el interior del talón H, compuestos de alambres de acero de gran resistencia, para evitar que se estiren y que se separen de la llanta.

En la figura se muestra la cámara M, en el interior de la cubierta.

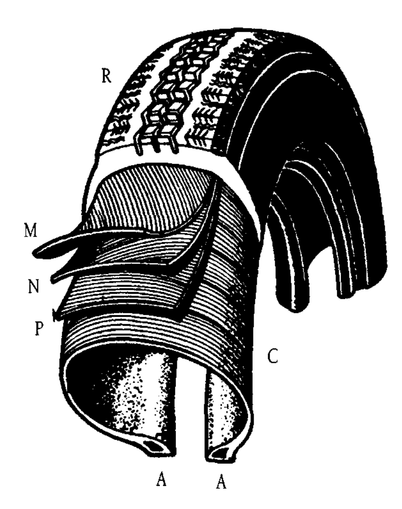


Figura 8.17.

Neumáticos radiales.

En éstos la carcasa C (Fig. 8.17) está formada por una serie de capas de cuerdas textiles C embebidas en caucho y transversales a la cubierta, o sea que van directas de talón a talón en vez de colocadas en diagonal. Entre esa capa y la banda de rodadura hay un número variable de telas M, N, P... de

cuerdas de rayón, alambre fino de acero o fibra de vidrio, en forma de cinturón (estas cuerdas forman con la línea descrita por el eje de rotación de las ruedas un ángulo de 18° a 22°). El cinturón o zuncho confiere gran rigidez a la banda de rodadura, impidiendo que se deforme en las curvas o bajo la acción del viento lateral, con lo que se mantiene más segùra la trayectoria del vehículo, mejor estabilidad.

El número de capas y telas varía en función de la fibra empleada en las cuerdas, rigidez que quiera darse a la cubierta y la carga que ésta ha de soportar.

Con este tipo de neumáticos los flancos y la banda de rodadura trabajan independientes; las flexiones de los flancos no se transmiten a la banda, con lo que se reducen las deformaciones de la superficie de contacto y las fricciones con el suelo.

Aparte una mejor estabilidad, las ventajas que proporcionan son: aumento del rendimiento en kilómetros, mejor adherencia, disminución del consumo de carburante, mayor confort y disminución del calentamiento del neumático durante el rodaje.

Neumáticos mixtos.

Consisten en carcasas diagonales con zunchos o cinturones semirígidos bajo la banda de rodadura. En este tipo los bordes o flancos del neumático coinciden con los extremos del zuncho, obteniéndose así independencia entre la flexión de la banda de rodadura y los costados de la cubierta.

Poseen características intermedias entre las de los tipos anteriores.

Cubiertas para camiones.

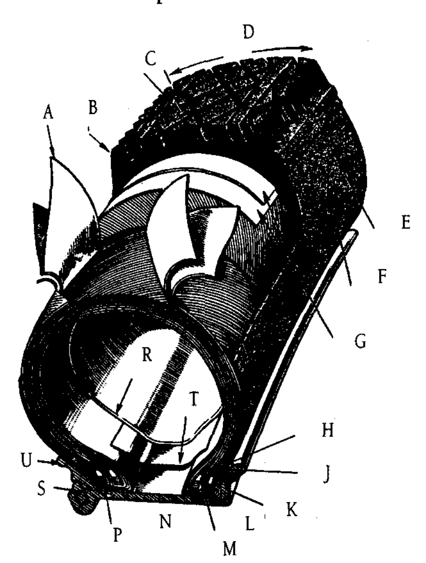


Figura 8.18.

Se diferencian, principalmente, de las utilizadas por los turismos en (Fig. 8.18):

a) El número de capas de cuerdas A, de las que aparecen dos cortadas y despegadas para mostrar la estructura.
b) Aumenta el número de las tiras protectoras G.
c) Los bordes de la cubierta suelen estar armados con dos cables M y K, para dar mayor rigidez y ancho de apoyo P en la llanta N, que generalmente es plana y no de base hundida como en los turismos.
d) Existe una tercera pieza de caucho: el *flap* o *protector* T, que se coloca en la base de la cámara R y actúa como un cojín entre ésta y los talones o bordes internos de la cubierta, así como también entre la cámara R y la llanta N. El ángulo más vivo entre los bordes de la cubierta hace necesario el empleo del flap T. En las ruedas de radios de alambre, como éstos dan una cabecilla saliente por dentro de la llanta, se necesita el uso de un flap adecuado.

El resto de las letras designa: B, hombros; C, dibujo de la banda de rodadura cuyo ancho es D; E, contrafuerte; F, costado; H, lonas cortas y aletas de talón J para soportar el roce con los bordes de la llanta. LN es la llanta con cierre lateral de aro U y pestillo S.

Poco antes de 1950 la marca Michelín lanzó, para camiones, autobuses y demás vehículos industriales, las cubiertas Metalic, en las que las cuerdas textiles están sustituidas por cables metálicos, cada uno formado por varios hilos finísimos de acero, de 1,5 décimas. Dos a cuatro capas metálicas son suficientes para reemplazar con ventaja las 14 a 20 de cuerdas de algodón o rayón. Las bandas protectoras son también metálicas. Para el mismo tamaño permiten cargas mayores, son más duraderas y menos sensibles a pinchazos y reventones.

Posteriormente el neumático radial se amplió a los vehículos de carga, sustituyendo la capa transversal textil por una o dos de cables de acero dispuestos también en arcos rectos (sirve el mismo dibujo de la figura 8.17, pero ahora C es metálica).

5.3. Neumáticos sin cámara

El progreso en la fabricación de cauchos artificiales ha permitido producir neumáticos (Fig. 8.19) compuestos sólo por la cubierta, sin cámara (Tubeless). Su aspecto exterior es el mismo que el de una con cámara (Tube Type), yendo montado sobre una llanta especial de las mostradas en la figura 8.13-2 provista de una válvula adecuada (Fig. 8.20). En la figura 8.19 puede observarse en 1 la banda de rodadura, en 2 el cinturón o zuncho, en 3 la carcasa, en 4 el flanco o costado, en 5 el aro, en 6 el talón o enganche, en 7 la válvula, en 8 la llanta especial y en 9 la capa de goma hermética que sustituye a la cámara de aire.

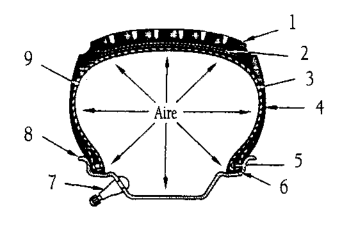


Figura 8.19.

La ventaja más interesante de este sistema consiste en la disminución de reventones, tan peligrosos con el vehículo a gran velocidad. Con los neumáticos con cámara, un corte o grieta en la cubierta no se percibe hasta que aquella, falta de retención en la zona deteriorada, tiende a herniarse y revienta como un globo demasiado inflado. Como aquí, en vez de cámara, el interior de la cubierta está revestido de goma blanda que, si se produce una cortadura, autotapona, el aire se escapa poco a poco, dando tiempo a parar sin accidentes.

Como la unión del borde de goma con la pestaña es hermética, para despegar aquel sin riesgo de dañarlo, en cuyo caso no suele haber reparación posible, se aconseja lubricar antes con una grasa adecuada, lo mismo que al montar la cubierta. La operación es más delicada, aunque exija una menor fuerza que con las cubiertas ordinarias; conviene realizarla en talleres con herramientas especiales; pero si no se tuvieran, se coloca una cuerda por toda la banda de rodadura y se hace torniquete; a medida que se aprieta, como si se quisiera disminuir el diámetro de la cubierta, los bordes van saliendo hacia fuera facilitando la entrada o salida en la llanta. Una vez la cubierta en su sitio, el encaje perfecto lo hace un inflado rápido, repentino, que desliza los bordes a su sitio exacto. Con estas cubiertas queda excluido el uso de polvos de talco aconsejados para las con cámara, pues son incompatibles con el sellado que deben hacer los talones en las pestañas de la llanta.

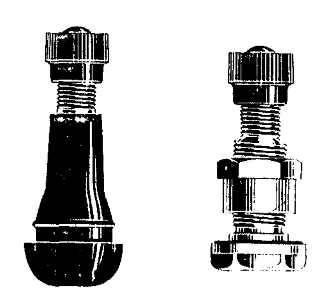


Figura 8.20.

5.4. Ruedas y neumáticos

Partes de una cubierta.- Hemos descrito la composición interna de una cubierta, pero hay que considerar además las partes en que está dividida y las misiones de cada parte. En la figura 8.21 se ve un ejemplo de constitución y partes de la misma.

- Talón.- Es la parte de la cubierta que "ajusta" en el disco metálico, la llanta en concreto, para que el cierre sea perfecto. El borde del talón tiene la medida exterior del disco de rueda y está reforzado para evitar roturas en el borde.
- Flanco o costado.- Es la parte de la cubierta que "sujeta" la estructura uniendo banda de rodadura y hombro con el talón.
- Hombro.- Es la parte "reforzada" donde termina la banda de rodadura, es la parte que suele rozar con los bordillos de aceras soportando tales rozaduras.
- Banda de rodadura.- Es la parte de la cubierta que "roza" con el firme y permite el "agarre" de la rueda en su desplazamiento. La superficie está acanalada, habiendo en su interior "topes de desgaste". Cuando desaparece la banda de rodadura la rueda está inservible. El Código de la circulación dice que los neumáticos deben conservar el dibujo en la totalidad de la banda de rodadura.

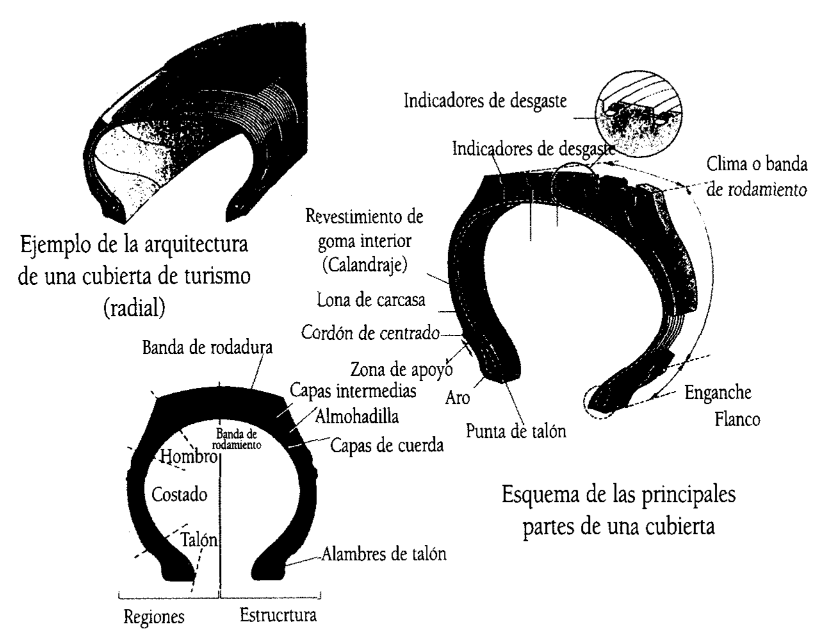


Figura 8.21

Nomenclatura de una rueda.- Todos los neumáticos llevan en los flancos, unos números y letras, que definen las medidas y características del mismo. Las marcas son adoptadas en general por todos los fabricantes de ruedas. En la figura 8.22, pueden apreciarse distintos caracteres y su significado.

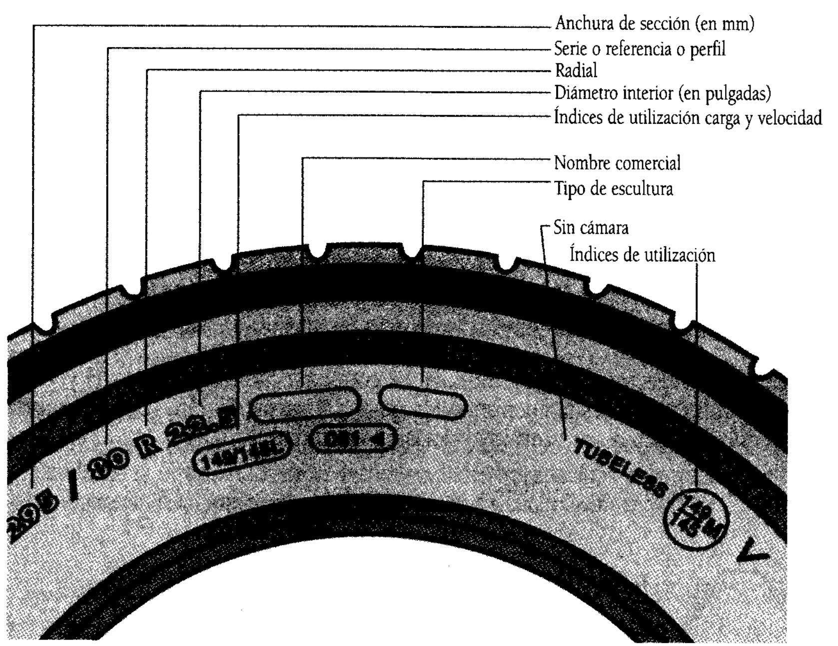


Figura 8.22

-Dimensiones.- En la figura 8.23, se observan las dimensiones con que se definen las ruedas. Se mide el diámetro D, y el ancho G. Existen tres formas de numeración:

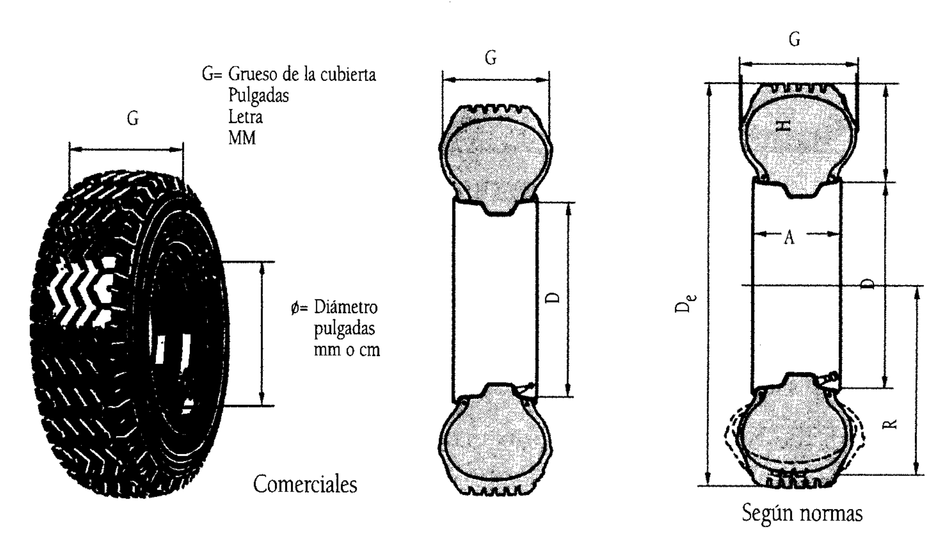


Figura 8.23.

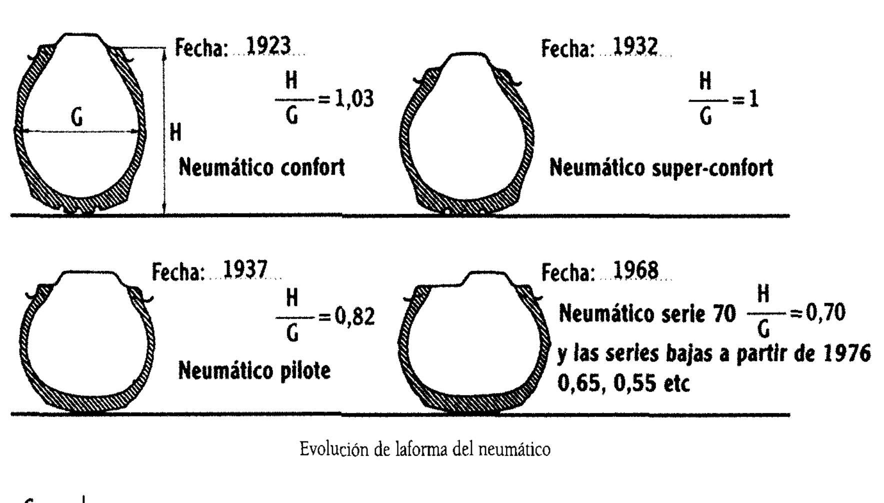
Numeración Sistemática:- Mide el diámetro D, en pulgadas (1 pulgada= 25,4 mm) y la anchura G en milímetros. Ejemplo: 15-300. 15 es el diámetro de la cubierta en pulgadas y 300 es el ancho de la misma en milímetros. El orden de los números puede ser otro, en la figura aportada vemos una cubierta dimensionada con esta nomenclatura donde 295 es el ancho de la rueda en milímetros y el diámetro de la cubierta es 22,5 pulgadas.

Nomenclatura inglesa.- Mide ambas cotas en pulgadas. Ejemplo 15-10. La primera cifra es el diámetro en pulgadas y la segunda siempre es el ancho de la cubierta también en pulgadas.

Nomenclatura métrica.- Mide ambas cotas en milímetros. Ejemplo 380-250. La primera cifra es el diámetro de la cubierta en milímetros y la segunda siempre es el ancho de la cubierta en milímetros también.

Relación de aspecto.- En la figura 8.24, se comparan las dimensiones H y G. H, es la altura de la cubierta y G es la anchura de la misma. La relación H/G, define el aspecto de la rueda y nos da idea de su capacidad de carga y utilidad.

Evolución de las medidas del neumático, series



Evolución de laforma del neumático

G
$\frac{H}{G} = 0,88$ H
Serie 80
Serie 70
Serie 65
Serie 60
Series 55-45

Figura 8.24

Una rueda con un perfil alto, donde H/G es 1 ó mayor que 1, tiene una capacidad de carga amplia y es empleada mas bien en los vehículos pesados, soporta mas carga que una cubierta con relación de aspecto H/G, menor que 1; 0,82; 0,70; 0,60; cuanto menor es la relación, la cubierta es mas ancha que alta y su índice de carga es menor. Estas cubiertas anchas son empleadas en los turismos.

En la figura 8.22 después del 295, medida en milímetros del ancho de la cubierta, hay un /80, este número es la relación de aspecto H/G= 0,8, pero expresado en tanto por ciento, 80.

Índice de carga.- Para cada relación de aspecto corresponde un índice de carga, si expresamos las relaciones de aspecto en tantos por ciento, podemos confeccionar la tabla de la figura 8.25.

Velocidad.- En la figura 8.22 se observa una letra R y una V; la R significa que la estructura de la cubierta es Radial y la V nos da idea de la velocidad que puede alcanzar la cubierta. En la tabla de la figura 8.25, se ve las velocidades adjudicadas a las ruedas en función de la letra impresa en las mismas.

Relación de aspecto H/G.100	Carga por neumático (Kp)	Relación de aspecto	Carga por neumático (Kp)	Relación de aspecto	Carga por neumático (Kp)	Relación de aspecto	Carga por neumático (Kp)
62	265	73	365	84	500	95	690
63	272	74	375	85	515	96	710
64	280	75	387	86	530	97	730
65	290	76	400	87	545	98	750
66	300	77	412	88	560	99	775
67	307	78	425	89	580	100	800
68	315	79	437	90	600	101	825
69	325	80	450	91	615	102	850
70	335	81	462	92	630	103	875
71	345	82	475	93	650	104	900
72	355	83	487	94	670	105	925

Símbolo de velocidad	Velocidad (KM/H)
F	80
M	130
N	140
P	150
Q	160
R	170
S	180
T	190
U	200
H	210
V	+210
V	240
Z	+240
W	270
Y	300

Figura 8.25

5.5. Neumático de seguridad

A pesar de las ventajas atribuidas y que realmente tienen las cubiertas sin cámara, el peligro del reventón no ha sido eliminado. Como los neumáticos modernos son cada vez más gruesos, de mayor sección y volumen de aire respecto al diámetro de la rueda, y al mismo tiempo las velocidades son mayores por las mejores carreteras y autopistas, el riesgo del repentino desinflado es mucho más grave. Ello lo evita la cubierta de seguridad o de "aire de cautivo" (Fig. 8.26). Entre la llanta y la cubierta se mete la que pudiera llamarse "cámara de seguridad" C, formada por dos o más fuertes capas de tejido de nilón con caucho; ésta es la que se infla primero por la válvula de la llanta V; después se da aire al espacio entre C y la cubierta K metiendo una aguja hueca por W. En marcha normal no se nota la existencia de C; pero si la cubierta K se raja o revienta, el vehículo se apoya sobre el aire de C (no sobre este tejido, sino sobre la banda de K y el aire de C), sin riesgo alguno.

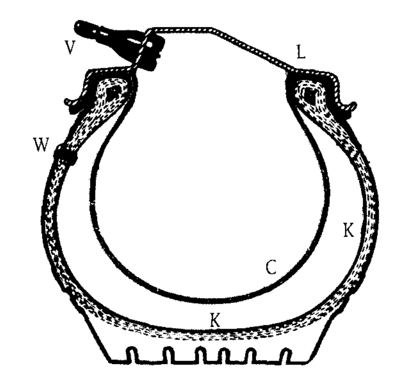


Figura 8.26.

Otra marca pone una válvula con el paso de aire de C a K, pero no al revés, suprimiendo la W. En todos los casos, la presión K será recomendada para el vehículo; pero la de C será de 2 a 4 libras mayor.

Para usos militares se han fabricado neumáticos que, aún perforados por las balas, no se desinflan; casi todos consisten en cámaras semimacizas, con cavidades independientes unas de otras. La flexibilidad no es tan buena como con las cámaras de aire corrientes, pero la ventaja de no ser detenidos por pinchazos o balazos compensa con exceso la rigidez algo mayor.

6. LA ESTABILIDAD Y LAS CUBIERTAS

Manejabilidad es la respuesta del automóvil a la acción del conductor. Un vehículo es tanto más manejable cuanto más dócil y exactamente responde y obedece a los mandos.

Estabilidad es la capacidad del vehículo para mantenerse en la trayectoria mandada por el conductor, a pesar de las fuerzas externas perturbadoras, como son el viento lateral, la fuerza centrífuga en las curvas, las causadas por desigualdades del pavimento, etc.

Para juzgar la conducta del vehículo hay que darse cuenta, lo primero, del comportamiento de sus neumáticos, ya que las principales fuerzas aplicadas a un automóvil actúan por medio de las reacciones producidas en las zonas de contacto entre las cubiertas y el pavimento: aceleraciones, frenadas, dirección, etc., y las necesarias para la estabilidad se ejercen a través de ese contacto.

6.1. Fuerza centrífuga

Cuando un automóvil marcha por una curva queda sometido a una fuerza centrífuga (que tiende a echarlo hacia fuera) cuyo valor depende del peso, del radio de la curva y de la velocidad. Cuanto mayor sea ésta o más ceñida la curva, menor el radio, tanto mayor será la fuerza centrífuga. Para contrarrestarla, los neumáticos, además de soportar las fuerzas verticales del peso y las longitudinales de propulsión, han de agarrarse al suelo de

forma que su reacción produzca la fuerza equilibradora de la centrífuga. Este esfuerzo lateral de agarre L (Fig. 8.27) nace al "retorcerse" la zona de contacto C con el piso: la rueda avanza frotando de costado en la dirección MV mientras que el eje longitudinal de la banda de rodadura es el E; el ángulo D entre V y E se llama *ángulo de deriva*. Para un vehículo y neumático dados, a mayor ángulo corresponde mayor fuerza lateral L, hasta que el frote o adherencia en C se rompa por exceso de deformación, produciéndose el patinazo, "derrapaje".

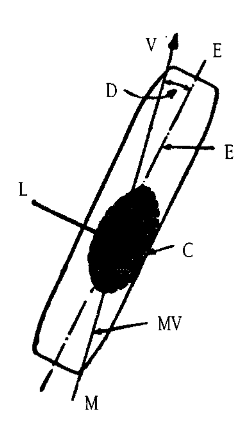


Figura 8.27.

6.2. Viento lateral

En la figura 8.28 se explica lo que sucede cuando un automóvil se ve sometido de repente a la acción de un fuerte viento lateral: conservándose paralelamente a sí mismo (trayecto A) el vehículo se desplaza lateralmente, marcha "a lo cangrejo". Para evitarlo y mantenerse en línea recta, el conductor tiene que virar la dirección en sentido opuesto al viento (trayecto B) para que la deformación de la banda de rodadura produzca un ángulo de deriva: la fuerza del roce lateral equilibra la del viento. Si de repente un muro o unas casas ponen el vehículo al abrigo (trayecto C), los neumáticos recobran instantáneamente su forma normal y aquél marcha según lo que se haya tenido que virar antes la dirección; este inesperado desvío puede ser peligroso y exige una gran atención por parte del conductor, sobre todo si el abrigo lo produce un camión que viene en sentido contrario.

Tanto en uno como en otro caso: fuerza centrífuga como lateral, la deformación o ángulo de deriva en el neumático depende de su tamaño, grosor, rigidez de construcción (cuanto más rígido menos deriva es necesaria para el mismo esfuerzo), presión de inflado (a mayor presión menos deformación y, por tanto, menos deriva), etc.

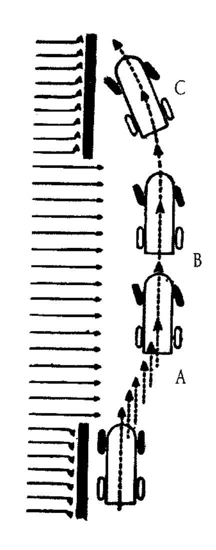


Figura 8.28.

6.3. Reparto del peso

La constitución del vehículo con el reparto de su peso influye notablemente en el comportamiento (estabilidad). Como ejemplo, con cifras arbitrarias, se considera un vehículo que circula a velocidad constante por una curva de radio fijo, de tal modo que desarrolla una fuerza centrífuga de 700 Kg. aplicada, como es natural, en su centro de gravedad. Como ya se dijo, se contrarresta por medio de las deformaciones elásticas de las zonas de contacto entre las cuatro cubiertas y el suelo. En la figura 8.29 se dibujan esquemáticamente tres vehículos del mismo peso, pero distribuido de distinto modo.

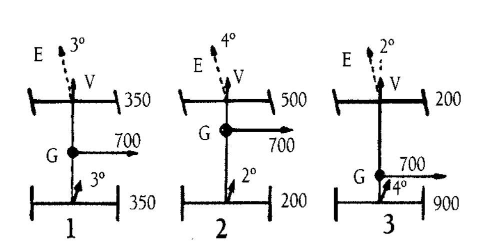


Figura 8.29.

En el caso 1 se reparte por igual entre ambos ejes; aparte de lo que haya tenido que girarse el volante de dirección para que las ruedas se adapten geométrica o teóricamente a la curva, puede suponerse que con un cuarto de vuelta de dicho volante se consigan los 3° de deriva necesarios entre el eje longitudinal E de la rueda y la V del movimiento efectivo. Con ellos se produce el retorcimiento en las bandas de rodadura, creando el esfuerzo lateral de 350 Kg. en el eje delantero, que se opone a esa misma cantidad de fuerza centrífuga; el eje trasero se habrá torcido también 3°, en el mismo sentido respecto al eje longitudinal de sus ruedas, para crear su fuerza lateral también de 350 Kg. Este vehículo seguirá la curva exactamente, con el volante en la misma posición y sin que el conductor haya de hacer fuerza para mantenerlo en ella: el vehículo está perfectamente equilibrado.

6.3.1. Vehículo subvirador

En el caso 2, con el centro de gravedad G adelantado (más peso delante que atrás, como suele suceder en los vehículos de tracción delantera), el mayor esfuerzo en las ruedas de delante, por ejemplo 500 Kg., requiere una deriva más grande, en este caso 4°, para crear la necesaria fuerza equilibradora. En cambio, en el eje trasero los 200 Kg. de fuerza centrífuga sólo necesitan para contrarrestarse un ángulo de deriva de 2°. Para conseguir los 4° entre V y E ya no basta un cuarto de vuelta del volante que daba los 3°, sino que el conductor ha de girarlo más hasta obtener la necesaria mayor deriva; en cambio, las ruedas traseras con sus menores esfuerzo lateral y deriva, no equilibran al eje delantero y el mayor esfuerzo en éste tenderá a hacerlo salir hacia fuera de la curva para seguir una trayectoria de mayor radio (Fig. 8.30-2). El vehículo *subvira o sotavira*, es decir, que tiende a girar menos de lo que marca el volante y hay que ir apretando éste en el sentido de giro para mantenerlo en la curva. Los automóviles *sotaviradores* son los más convenientes, porque el conductor siente la curva al tener que apoyar el volante ceñido a ella. Al terminar la curva, basta dejar de girar el volante para que éste tienda a volverse a la posición de reposo; así ayuda al conductor. En marcha recta, las pequeñas desviaciones impuestas por las desigualdades del pavimento tienden a ser autocorregidas por la propia dirección, que es *estable*.

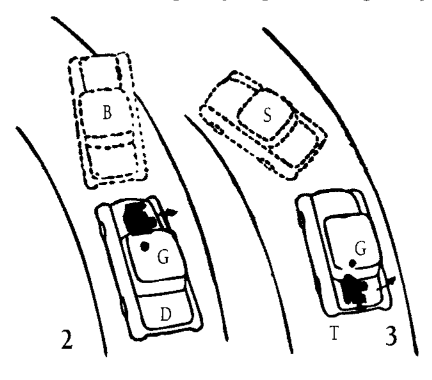


Figura 8.30.

6.3.2. Vehículo sobrevirador

En el caso 3 (Fig. 8.29) ocurre lo contrario: el mayor peso detrás (G, retrasado, como es fácil que suceda en los automóviles con motor trasero) hace que la fuerza centrífuga recaiga en mayor parte sobre el eje posterior, cuyas ruedas habrán de tomar mayor deriva, por ejemplo 4°, que las delanteras, 2°. El vehículo tiende a torcerse más de zaga, y por tanto a ceñirse más a la curva, haciendo que las ruedas delanteras se metan hacia ella. El conductor, en vez del cuarto de vuelta del volante para el caso equilibrado 1, habrá de volverlo menos para obtener sólo los 2° de deriva ahora necesarios, o sea, que irá aflojando el volante, en vez de apoyarlo como en el caso 2. El vehículo tiende a *sobrevirar* (Fig. 8.30-3), lo que requiere más atención por parte del conductor para que no se le vaya al interior de la curva, y con el volante irá conteniendo la virada, que no es tan natural como en el

caso 2 de apoyar; por ello el vehículo puede ser peligroso en manos no acostumbradas al desequilibrio entre la mayor deriva trasera y la mayor delantera. Además, la conducción en recta requiere constantes retoques porque no se autoestabiliza como en el caso 2.

6.4. Presión de inflado

Por lo explicado hasta aquí, bien se comprende que si los neumáticos del eje delantero están demasiado inflados respecto a los del eje trasero habrá más deriva detrás que delante y, lo mismo que por culpa del peso ocurría en el caso 3, el vehículo se separará menos de la trayectoria de delante que de detrás, o sea, que *sobrevira*; entra demasiado ceñido a las curvas y su trasera tiende a derrapar al exterior.

Al revés, si son los neumáticos traseros los demasiado inflados con relación al eje delantero, mostrarán menos deriva que los de delante (caso análogo al 2 por reparto de pesos), el coche *sotavira*. Si es poca la fuerza que el conductor debe ejercer en el volante para mantener la trayectoria, resulta conveniente, pero si es grande, cansa y debe corregirse como luego se dirá.

La *presión de inflado*, pues, no depende sólo de la carga, sino también de la actividad sotaviradora o sobreviradora del automóvil. Por esta razón es frecuente que los fabricantes de vehículos aconsejen inflar más las ruedas delanteras que las traseras, sobre todo en los vehículos con motor trasero, en los que el peso propio carga más, en proporción, detrás.

De lo expuesto se deducen unas cuantas reglas que pueden mejorar la estabilidad del automóvil.

Si los cuatro neumáticos son iguales, deben mantenerse inflados a las presiones recomendadas por el fabricante del vehículo. En caso de sobrecarga, lo que se aumente de presión en las cubiertas de un eje para mejor resistir, debe añadirse también a los otros neumáticos, aunque por razones de peso no fuese necesario; pero hay que conservar la proporción de diferencia de inflado para mantener las cualidades de estabilidad del vehículo.

Si se desea disminuir la tendencia a sobrevirar, o aumentar la de sotavirar, se puede incrementar en 0,1 Kg, ó 1,5 libras, la presión de las ruedas traseras, y bajar en lo mismo la de las delanteras.

Si, por el contrario, hay que hacer apreciable fuerza en el volante para mantener el vehículo en la curva, o al terminar ésta el volante tiende a enderezarse con excesivo impulso, se aflojan 0,1 Kg. (1,5 libras) las ruedas traseras y en la misma cantidad se inflan más las de delante.

Si se usan dos cubiertas diagonales y dos radiales, éstas se montarán en las ruedas traseras. En efecto, la gran rigidez de su banda de rodadura hace que los ángulos de deriva necesarios para contrarrestar la fuerza centrífuga sean mucho menores que en las cubiertas diagonales.

Ahora se comprenden bien las ventajas de estabilidad que ofrecen las cubiertas radiales en todas las ruedas, a causa de los menores ángulos de deriva que presentan, ventajas más apreciables cuando la conducción se realiza sobre todo por carretera y a gran velocidad.

Con el fin de evitar el derrapaje en el eje trasero, se recomienda montar las cubiertas nuevas en éste, y no en el delantero.

7. MONTAJE Y DESMONTAJE DE LA CUBIERTA

Para que la cubierta de bordes rígidos de la figura 8.16 pueda ser montada o sacada de la llanta, ésta, en los turismos, suele ser del tipo de base hundida, con pestañas L que retie-

nen los bordes JH de la cubierta por la presión de la cámara inflada. Este tipo de llanta es el corriente en ruedas de diámetro hasta 16´´.

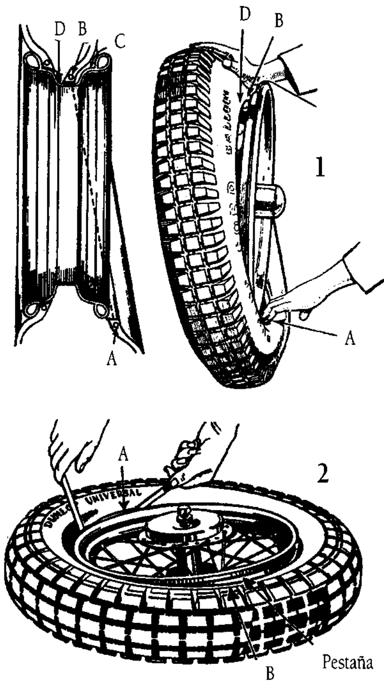
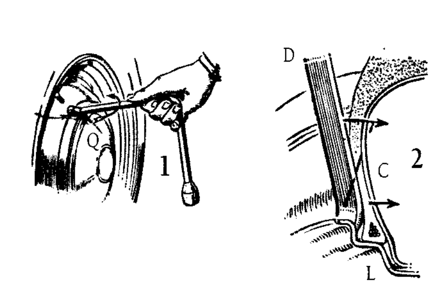


Figura 8.31.

El montaje y el desmontado son fáciles (Fig. 8.31, en la que las pestañas de la llanta son una variante de las anteriores, dobladas hacia dentro y que se usan en ruedas de 17´´ o más de diámetro). Como los bordes alambrados de la cubierta son de menor diámetro que las pestañas de la llanta, es necesario que el neumático esté desinflado para hundir el borde B, más alejado de la válvula, en el fondo D de la garganta, pudiendo entonces sacarse el A diametralmente opuesto.

Para *montar el neumático* teniendo la rueda tendida sobre el suelo (dibujo 2), se meterá el borde inferior completo de modo que asiente bien alrededor de la pestaña: basta para ello hundirlo en el surco en un punto cualquiera, y el opuesto salvará la pestaña de la llanta, a la que luego el borde rodará por igual en todo el conjunto. Se infla ligeramente la cámara hasta que se redondee (este punto de inflado es tal que, suspendida en su interior con el brazo, quede en la parte baja una pequeña arruga) y se la introduce en la cubierta de modo que la válvula inclinada quede hacia arriba y pase por el agujero de la llanta. Para encajar después el otro borde, se empieza por hundirlo en el surco en el punto B diametralmente opuesto a la válvula A, con lo que podrá ir el resto del borde salvando la pestaña a un lado y a otro por igual hasta llegar a las proximidades de la válvula, que es la última parte que se monta, ayudándose sólo en esta fase de la operación con dos desmontables si es preciso. Luego se procede a inflar la cámara, cerciorándose del buen asiento en todo el perímetro de los bordes de la cubierta sobre la llanta. No deben utilizarse palancas grandes, y el uso exagerado de la fuerza será ya, por sí mismo, un síntoma de que el montaje no se ha efectuado correctamente.



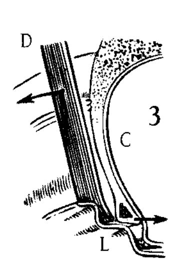


Figura 8.32.

Para *desmontar el neumático* se desinfla la cámara; después, en la parte B opuesta a la válvula, se hunden los bordes de la cubierta y se levantan los de las proximidades de la válvula con la ayuda, a veces necesaria, de los desmontables, con lo

que será fácil sacar los aros por todo el contorno de la rueda. Extraída luego la cámara, se termina el desmontaje levantando la rueda y empujando con las manos la cubierta.

En la figura 8.32 se indica la manera de soltar el tapacubos o embellecedor Q mediante la inserción y giro que indican las flechas. Para facilitar el desprendimiento del borde de la cubierta se mete el desmontable con la uña hacia fuera (2), apalancando según las flechas, y en cuanto se corre un poco aquél respecto a la pestaña de la llanta L, se invierte (3) la orientación de la uña de D, apalancando al revés (flechas) para que el borde alambrado caiga en la parte hundida de la llanta.

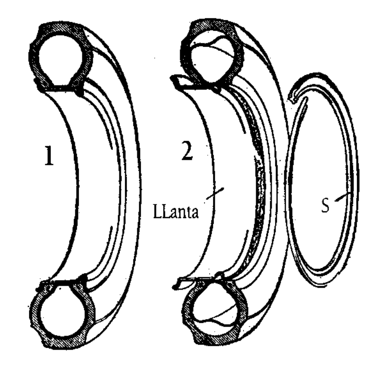


Figura 8.33.

En las llantas de base plana con aro (Fig. 8.33.) el montaje y desmontaje se hacen quitando el aro S que forma la pestaña del lado exterior de la llanta; la figura muestra en 1 el neumático montado, cuya presión enclava el aro, y en 2 se ve cómo sale cuando, desinflada la cámara, se extrae el aro partido S.

En otros casos, el aro partido S tiene por misión asegurar al principal, que es de una sola pieza y forma un borde de la llanta, encajándose S en el hueco para hacer de pestillo. Esta es la disposición que muestra la figura 8.18 en su llanta N con borde fijo L y el otro U de aro completo con otro partido S como pestillo.

Cuando se desmonte un neumático con sujeción de aro es muy importante haberlo desinflado por completo y, además, operar con extremada precaución, pues el aro puede desprenderse, saltando como un resorte.

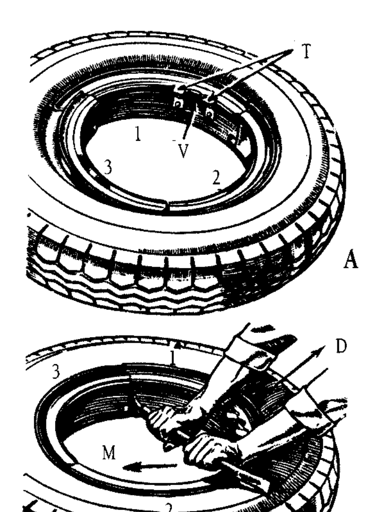


Figura 8.34.

Es de bastante uso la llanta "Trilex" (Fig. 8.34), dividida en tres sectores 1, 2 y 3. El 1 es algo mayor y lleva un orificio para sacar la válvula V por entre los dos tetones T, que a su vez sirven para centrar la llanta sobre una rueda del tipo de la mostrada en la figura 8.8. Colocados los resortes, como se ve en la 8.34-A, se cierra la llanta con una palanca (detalle B) que se inserta en una escotadura del extremo de 1 y se mueve hacia M. Para desmontar, se tira hacia D.

8. PRESIÓN DE INFLADO DE LOS NEUMÁTICOS

Cuando el armazón de las cubiertas era de lona, se hacía necesario evitar que con el peso pudiera formarse "barriga" en la banda de rodadura que apoya sobre el suelo, pues en tal caso las flexiones de los flancos provocarían durante la marcha tal frotamiento con desarrollo de calor en el tejido de la lona que sobrevendría el rápido deterioro de la cubierta.

Por ello, la presión de inflado no bajaba, en automóviles de poco peso y, por tanto, con los neumáticos más pequeños, de 3,5 atmósferas, llegando hasta las 10 en los "gigantes", usados en los grandes vehículos industriales. Con el uso de las armazones de cuerdas, la flexión lateral pudo permitirse en grado suficiente para inflar la cámara a mucha menor presión y aumentar en cambio el grosor del neumático, proporcionando una absorción eficaz de las asperezas y desigualdades del terreno; la adherencia mejoró notablemente y los neumáticos duran hoy diez veces más que en 1920, a pesar de las mayores aceleraciones y potencia de frenos que, como ya se dijo, ejercen su esfuerzo sobre el pavimento a través del bandaje.

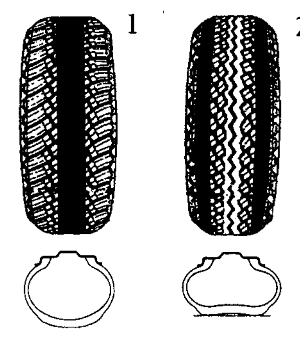


Figura 8.35.

Los neumáticos se inflan a partir de 1 Kg. en los denominados neumáticos de "baja presión"; la presión crece con las dimensiones de la cubierta, llegando a 8 ó 9 Kg., presión elevada necesaria en razón del gran peso que han de soportar algunas cubiertas grandes y fuertes.

Una presión inadecuada, por defecto o por exceso, da lugar a un contacto irregular de la banda de rodadura con el suelo, produciendo un desgaste anormal de la misma y pérdida de adherencia. En la figura 8.35, dibujo 1, se muestra el desgaste en el centro, por exceso de presión, y en el dibujo 2 un mayor desgaste en los laterales, por ser aquélla insuficiente.

Así mismo la carga del vehículo influye deformando el neumático, al variar la distancia entre el piso y el centro de la rueda. El fabricante indica el "índice de carga" de la cubierta, que es un código numérico que indica la carga máxima que puede transportar aquélla, a la velocidad máxima para la que está concebida y en las condiciones de uso especificadas.

9. OTRAS CONSIDERACIONES

Una misma llanta sirve para varias medidas de cubiertas, por lo que permite colocar neumáticos "sobremedidas". No debe cambiarse arbitrariamente la medida de cubiertas aconsejada o montada por la casa constructora del vehículo, pues la mejoría obtenida en la suspensión o la mayor capacidad de carga conseguida pueden estar contrarrestadas por una fatiga excesiva del chasis, aparición de irregularidades o "shimmy" en la dirección y, si se trata de un automóvil de turismo, como los guardabarros modernos son bastante ceñidos a las ruedas, el aumento de la sección disminuye la cantidad de aire que refrigera el neumático y los tambores de los frenos, por lo que se pueden producir peligrosos calentamientos, con averías graves y reventones o, por lo menos, reduciendo la vida de las cubiertas y eficacia de los frenos.

En general, pueden ponerse cubiertas de sección un cuarto o media pulgada mayor o menor respecto a la usada normalmente. Si el vehículo es usado en regiones montañosas, convendrá menos aún ponerle sobremedida, porque se altera desfavorablemente la relación de cambios y desmultiplicación elegidas por el fabricante: a mayor rueda, mayor recorrido por cada vuelta, o sea, para el mismo número de revoluciones del motor; éste trabajará fatigado y habrá de cambiarse de marcha más a menudo. En cambio, si la carga es usualmente menor que la prevista, unas cubiertas ligeramente inferiores pueden favorecer la conducción.

Lo mejor, de todos modos, es no alterar las medidas que ha elegido el fabricante del automóvil.

El peso o carga total que puede soportar una rueda depende de las dimensiones del neumático, principalmente de su sección, y de la presión de inflado. Estos tres términos (tamaño, peso, presión) están relacionados estrechamente entre sí, y para obtener de una cubierta el mejor rendimiento es necesario inflarla a la presión debida, con arreglo a la carga que soporta, y que no debe exceder jamás de la máxima autorizada por el fabricante. Cada marca tiene sus cuadros de presión y de inflado y de carga máxima tolerable, y el propietario del vehículo debe ajustarse a tales indicaciones.

Cada vez tienen los neumáticos más importancia en la estabilidad y manejo del automóvil. La seguridad y el factor económico, sobre todo en los camiones y autobuses, requieren ocuparse hoy de las cubiertas con mucho más cuidado que hace años.

La carga por rueda nunca debe superar a la indicada para la mayor presión. Para una carga dada, la presión no debe ser menor que la indicada, ni es ventajoso que sea mayor, excepto si razones de estabilidad lo requieren.

Para conocer el peso por eje de un vehículo se coloca éste con su eje delantero sobre la plataforma de una báscula pesavehículos (es corriente encontrarlas en los puertos, aduanas, grandes almacenes de productos a granel, etc.) y el trasero en terreno firme: la pesada de la báscula da la carga total del eje delantero. Se hace luego lo mismo con el eje trasero. La suma de ambos pesos da el total del carruaje con su carga (tara más neto).

Para saber la carga por rueda se divide el peso de cada eje entre dos; si las traseras son gemelas, la cifra resultante da el peso que soporta cada pareja, que no debe ser mayor de 1,7 veces el tolerado para esa medida en sencillo.

La presión de inflado se mide con pequeños y sencillos manómetros como el de la figura 8.36. Tiene que respetarse la que se recomienda en el libro de instrucciones del vehículo. En principio, es válido lo siguiente:

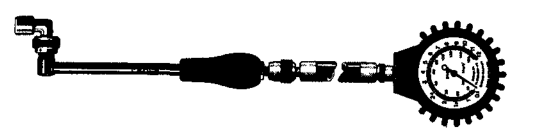


Figura 8.36.

Elevada presión de inflado:
- Aumenta la capacidad de carga.
- Disminuye la deformación de los neumáticos contra el piso, por lo que estos ruedan más fácilmente y se calientan menos.
- Aumenta el riesgo de rebotes.
- Empeora la suspensión, es decir, la marcha se hace más dura y se sienten más las sacudidas.

Presión de inflado baja:
- Mayor confort.
- Peor estabilidad.
- Dirección más dura.
- Mayor desgaste, debido a mayor producción de calor.

10. DURACIÓN Y CUIDADO DE LOS NEUMÁTICOS

El desgaste de las cubiertas es un capítulo de gastos de bastante influencia en el presupuesto de mantenimiento de un vehículo. Interesa conocer los factores que influyen en la duración de los neumáticos para obtener de éstos el máximo rendimiento posible.

La primera precaución es comprar siempre las cubiertas de una marca conocida, porque si bien actualmente todas son bastante buenas en proporción a su precio, es muy importante que la goma esté fresca, pues con el tiempo envejece por oxidación y se vuelve quebradiza.

La velocidad media alcanzada en las buenas carreteras es cada día más alta. La experiencia recogida en muchos ensayos prueba que el desgaste de las cubiertas crece enormemente con la velocidad, un neumático se desgasta dos veces más rápido a 120 que a 70 Km/h. Si en vez de neumáticos de goma virgen se usan de la llamada "regenerada" que a veces emplean los malos recauchutadores (o en tiempo de escasez de goma virgen) habrá que marchar despacio no ya por economía, sino por propia seguridad, pues al sobrepasar la máxima velocidad tolerable para los regenerados (entre 40 y 60 Km/h, según sean camiones o turismos), se produce una acción aniquiladora con inminente reventón; el accidente es grave, y la cubierta no tiene compostura. La falta de elasticidad de los regenerados no les permite soportar esfuerzos, calor y arreglos como las normales. En cambio, los recauchutados bien hechos, con buen material, permiten usarse como si de cubiertas nuevas se tratase.

El calor influye tanto que las cubiertas se desgastan el doble en verano que en invierno. Siempre debe procurarse estacionar el vehículo a la sombra.

La pavimentación blanda o elástica, asfalto, es favorable a la buena conservación de las cubiertas. El adoquinado es perjudicial, sobre todo para las ruedas motrices que han de dar propulsión al automóvil por el rozamiento contra el suelo. Todo frenazo se traduce en un gasto, inapreciable en el momento, pero cierto y positivo, y tanto mayor cuanto más duro y rugoso el pavimento. Las exigencias de la circulación hacen que los pavimentos se construyan cada vez más duros, y esto es motivo de mayor desgaste; como estos pisos son favorables para alcanzar mayores velocidades, se ven reunidas ambas circunstancias en contra de la deseada duración de las gomas.

Al ser las paradas y arrancadas conseguidas por un frotamiento grande contra el suelo, y como la aglomeración es cada día mayor en carreteras y ciudades, con las dificultades de tránsito consiguientes, que aumentan el número de aquéllas, se tiene otro factor para la menor duración de las cubiertas. En tráfico urbano congestionado la duración es menor que viajando por autopistas. En carreteras malas de montaña, aunque la velocidad no puede ser muy grande, el desgaste sí lo es, y las cubiertas pueden durar un tercio menos.

De modo análogo, se desgastan más subiendo una cuesta que en horizontal por el suplemento de esfuerzo necesario. Puede decirse que cuesta arriba se consume doble que en llano.

En un vehículo, como norma general, y ya expuesto, se aconseja montar todos los neumáticos del mismo tipo. En caso de utilizar radiales y diagonales, montar aquellos en el eje trasero. Sobre un mismo eje se deben montar neumáticos del mismo tipo y desgaste sensiblemente igual; no montar sobre un mismo eje uno radial y otro diagonal.

Cuando se estrena un juego de cubiertas, conviene rodar el automóvil durante 200 Km. a la mitad de su velocidad posible, y a dos tercios otros 400 más para que se sienten bien las pestañas sin sufrir esfuerzos que pudieran dañarlas, y para que desaparezcan las tensiones desiguales en el cordaje. Con esta precaución duran más.

Un neumático *mal inflado* se deforma (Fig. 8.35), y al girar la rueda se corre la deformación, siempre en el contacto con el suelo, por toda la periferia de la cubierta; esto se traduce en un calentamiento que precipita su deterioro. Una falta de presión de solamente medio kilogramo disminuye en un 25 por 100 la duración.

Si están excesivamente inflados, el vehículo bota y patina, con un rodamiento irregular y nocivo también a las cubiertas. Un kilogramo de exceso sobre la presión debida disminuye a la mitad el kilometraje de la goma. La presión debe comprobarse y corregirse todas las semanas, estando fríos los neumáticos; en un turismo se entiende por neumático frío, aquel que no haya rodado desde una hora antes por lo menos, o haya rodado 2 ó 3 km. a velocidad reducida. Algunos vehículos rápidos que tienen mal estudiada la ventilación de las ruedas, o alterada por haber modificado las aletas, el paso de aire o la medida de las ruedas, tras una hora de recorrido a gran velocidad pueden sufrir tal calentamiento en los neumáticos que el aumento de presión haga botar al vehículo con dureza molesta para los ocupantes; puede pararse un momento para quitar la mitad del exceso de presión que lleven sobre la debida indicada por el fabricante; pero al término de cada etapa, en las paradas para comer o descansar, o al bajar la temperatura ambiente, habrá de comprobarse la presión, para inflar, si ha bajado de la normal. Salvo este caso excepcional, los aumentos de presión corrientes por el calor normal de la marcha deben tolerarse, sin quitar aire, ya que pronto se restablecerá el equilibrio.

En las *ruedas gemelas* hay que tener presentes dos cosas: 1ª., que las situadas hacia el interior del vehículo deben ser las más desgastadas, con objeto de compensar el bombeo de las carreteras, y 2ª., que la presión de inflado es menor para la rueda de dentro que para la de fuera, también para compensar el bombeo, con arreglo a la siguiente norma:

a) En caso de cubiertas del mismo grado de desgaste, el neumático interior se inflará un 12 por 100 menos que el exterior. Por ejemplo: si la rueda exterior debe inflarse a 74 libras, la interior se pondrá a

$$74 - (74 \times 12) / 100 = 65 \text{ libras}$$

b) Si la cubierta interior está mucho más gastada que la exterior, la presión será solamente un 6 por 100 menor. En el caso del ejemplo acabado de citar, la presión de inflado sería

$$74 - (74 \times 6) / 100 = 70 \text{ libras}$$

La *sobrecarga* influye en la disminución del rendimiento, como expresa gráficamente la figura 8.37, en la que se puede ver que si para la carga normal autorizada por el fabricante la duración se fija en 100 por 100, para sobrecargas crecientes la duración baja rápidamente hasta ser sólo del 30 por 100 si la sobrecarga es del 80 por 100.

Muchos de los automóviles que circulan llevan los frenos mal reglados. Este defecto hace que unas ruedas sufran más que otras en las frenadas. El desgaste es irregular y excesivamente oneroso

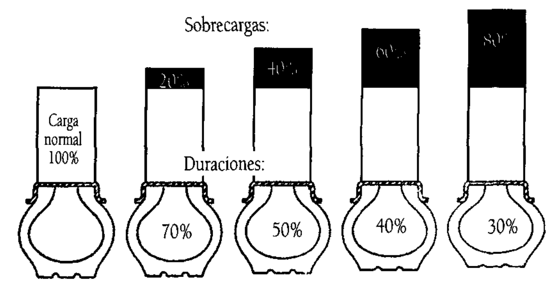


Figura 8.37.

para la rueda que soporta más esfuerzo del debido. También se producen movimientos laterales del vehículo, contenidos a costa del desgaste de todos los neumáticos.

El *aceite* y *la gasolina* atacan los neumáticos, por lo que no deben ponerse sobre manchas de grasa, y el piso del garaje se mantendrá limpio de aceite; las marcas de éste o de grasa en las cubiertas se harán desaparecer frotando con unos algodones o trapos impregnados muy ligeramente en gasolina, lavando después con agua abundante.

Las llantas deben mantenerse limpias de suciedades y de óxidos, que atacan a la goma. Para evitar su formación se aplica a las llantas, por su interior, una capa de grafito en polvo (plombagina). Los bordes cortantes de la llanta se alisan con lima y papel de lija; si la llanta sigue dañando el neumático es preferible cambiarla o cambiar la rueda, que es siempre más barata que el perjuicio sobre las gomas. Las cámaras se untarán abundantemente con polvos de talco.

Al *montar y desmontar* los neumáticos no deben emplearse herramientas inadecuadas ni recurrir a la fuerza cuando no sea estrictamente preciso. Los bordes de las cubiertas se destrozan al ejecutar estas operaciones forzadamente.

Los *cortes* superficiales no afectan sensiblemente al neumático, pero si son algo profundos hay que repararlos con rapidez, porque abren el camino al polvo y al agua hasta las capas de cuerdas, cuya destrucción lleva consigo la de toda la cubierta. El arreglo se hace empleando un "mástic" (se expende ya preparado en el comercio) que se introduce en el corte después de limpiar bien los bordes de éste con gasolina; luego se oprimen con los dedos, y no debe salirse con el vehículo hasta seis horas después del arreglo. Si la cortadura afecta a una capa de cuerdas, la reparación es de taller.

En algunas cubiertas viene marcado un pequeño disco rojo de unos seis milímetros de diámetro, al costado y cerca de la pestaña: indica que a su altura debe quedar la válvula de la cámara para conseguir el mejor equilibrio de cubierta y cámara al rodar.

En los vehículos de propulsión total debe conducirse normalmente con sólo la transmisión trasera, y únicamente añadir la delantera en casos de barro, nieve, arena, hielo, pendientes fuertes o muy mal terreno, donde no baste la propulsión trasera. La propulsión en las cuatro ruedas desgasta los neumáticos desproporcionadamente.

El uso de cadenas para reforzar el agarre al suelo debe limitarse a lo indispensable, y ser quitadas en cuanto no lo sean. Úsense del tamaño justo y adecuado, con eslabones aplanados por una cara, que es la que debe ponerse en contacto con la cubierta. El ajuste será fuerte, pero dado a mano, para que no resulte excesivo.

Las válvulas se colocarán en forma que sean accesibles para inflar el neumático o comprobar su presión, y siempre con su tapón bien apretado. En las ruedas gemelas deben quedar diametralmente opuestas para mejor equilibro del conjunto.

Cuando se usen cubiertas con relieves gruesos en forma de V, las delanteras y las de los remolques deben montarse de modo que al avanzar el vehículo lo que primero vaya tocando suelo sean las puntas de las ramas abiertas de la V, y en las traseras (propulsoras) al revés: o sea, que el vértice de la V sea lo que primero toque el piso.

La *falta de alineación* de las ruedas delanteras puede ser una causa importante de desgaste indebido. Suele dársele poca importancia a este factor, pero un error de convergencia llega a reducir la vida de las cubiertas a la cuarta parte; los efectos de avance y caída, lo mismo que la falta de equilibrado de las ruedas, pueden reducir a la mitad la duración del neumático.

En las *cubiertas sin cámara* se aconseja además, y con carácter especial para ellas, lo siguiente:

1°. No se conduzca a gran velocidad hasta que lleven 1500 kilómetros montadas, para estar seguros de su buen asiento.

2°. Para viajes largos, con trayectos de conducción seguida, auméntese la presión unas 3 o 4 libras, según el tamaño de la cubierta.

3°. Aplíquense los frenos con intermitencias, no seguido (salvo caso de emergencia, naturalmente).

Estas tres observaciones son convenientes, también, para cubiertas con cámara.

Por lo expuesto, el conductor puede formarse idea clara del problema y de como procurar el mejor rendimiento de sus neumáticos. El tiempo y el pavimento no los puede cambiar; pero las grandes velocidades, innecesarias en muchas ocasiones, las fuertes aceleraciones para tener que frenar luego bruscamente, el evitar estas variaciones de marcha y frenar siempre con tanta más suavidad cuanto más duro y rugoso sea el pavimento, el llevar bien reglados los frenos, el tener siempre limpios y correctamente inflados los neumáticos, sin sobrecargarlos jamás, todo esto está a su alcance.

Y tener siempre muy presente que el mejor lubricante para caucho es el agua. Por eso las ruedas resbalan con facilidad en pisos mojados, acuaplaning. Este fenómeno afecta a todos los neumáticos, y depende de una serie de factores como son: el desgaste, el estado del piso, la velocidad del vehículo, el espesor de la capa líquida o semilíquida (nieve fundida), la presión del inflado, etc.

11. AVERÍAS EN LOS NEUMÁTICOS

11.1. Cámaras

Las pérdidas de aire superiores a 5 libras por semana proceden de alguna rotura en la propia cámara o por fugas de la válvula. El vehículo deberá detenerse tan pronto como se advierta que el neumático se desinfla, pues unos metros de recorrido sobre la llanta pueden significar el completo destrozo de la cámara e incluso de la cubierta.

Las roturas se producen por algún objeto punzante que ha perforado la cubierta, pinchazo, o por haberse interpuesto entre ésta y aquélla, al montarlas, un cuerpo extraño; también se producen por reventón originado por excesivo desarrollo de calor, o por resultar la cámara pellizcada en el choque de la rueda contra un obstáculo, por ejemplo, una piedra, sobre todo cuando los neumáticos están poco inflados, avería que se repara en un taller de vulcanizado, pues los reventones y cortes grandes no se deben arreglar con parches.

Las cámaras de repuesto, en su caso, se llevarán bien dobladas, mejor dentro de una funda que sueltas, en un sitio fresco, separadas de las herramientas y alejadas de todo contacto con aceite. La manera de doblar una cámara está indicada en la figura 8.36: extraído el obús, se extiende y arrolla la cámara como en A para expulsar todo el aire; después se repone el obús, se extiende la cámara y se dobla (B y C), sujetándose con anillos de goma.

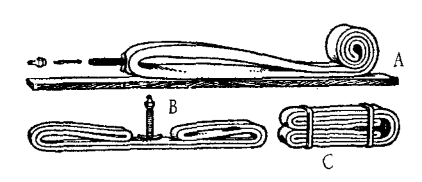


Figura 8.38.

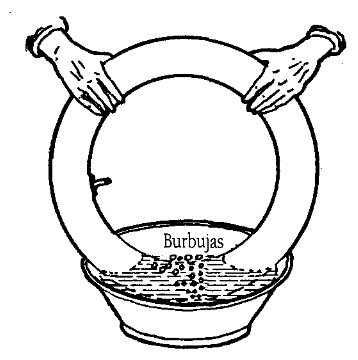


Figura 8.39.

Los *pinchazos* pueden ser reparados por el conductor. Para ello se revisa la cubierta hasta descubrir el clavo, extrayéndolo; si así no se logra encontrar la causa de la perforación o no se aprecia a simple vista al examinar la cámara, se infla ésta un poco y se la va sumergiendo sucesivamente en un recipiente con agua (Fig. 8.39) hasta que las burbujas de agua denoten el lugar de la avería.

Con *parches* se pueden tapar perforaciones y cortes de hasta un centímetro, procediendo de este modo: se elige un parche (de los que se venden en el comercio ya preparados) o, a falta de éstos, un trozo de cámara vieja con las esquinas redondeadas y los bordes alisados, de tamaño apropiado para que se extienda dos o tres centímetros a uno y otro lado del corte, cuyas proximidades se limpian con un trapito humedecido en gasolina y se hacen ásperas con papel de lija. Después se cubren las dos zonas que se van a unir, la del parche y la de la cámara, con una capa de *disolución* de goma, que cuanto más delgada y continua mejor realizará la adherencia; la disolución se deja secar unos dos minutos, pasados los cuales se aplica fuertemente el parche sobre la cámara, cuidando de que los bordes queden bien pegados. Luego, y como es conveniente hacer siempre que la cámara se va a introducir en la cubierta, espolvoréese el interior de ésta con talco, metiendo a continuación en ella la cámara algo inflada de modo que la rueda tenga el agujero de la válvula hacia arriba.

Las *fugas* por la *válvula* tienen lugar, generalmente por la boca del obús, y se acusan por el procedimiento de aplicar un poco de saliva sobre la válvula destapada: las burbujas denuncian la fuga. Se deben casi siempre a que la empaquetadura A (Fig. 8.15) desprende algún trocito de caucho sobre el obturador O, impidiendo el cierre hermético; si no es esta la causa y el obús lleva más de un año montado, debe cambiarse, pues probablemente se habrá resecado la goma y se ha hecho porosa.

Las fugas pueden tener lugar por la base de la válvula; para apreciarlas hay que desmontar la cámara y hacer la prueba de la figura 8.39: si no desaparecen apretando la tuerca de sujeción de la base debe llevarse la cámara a un taller.

Para evitar el desinflado de las ruedas por los pinchazos se han ideado líquidos más o menos eficaces que, llevados dentro de la cámara, taponan los pequeños orificios producidos. Lo importante sería prevenir las desastrosas consecuencias que puede tener un reventón por la repentina caída de la rueda sobre el suelo, aumento de su resistencia a la rodadura y desequilibrio del vehículo, que puede llegar al vuelco. Un reventón de la rueda delantera puede torcer la dirección de la que tirará siempre violentamente y echarlo fuera de la calzada; en las traseras provoca un fuerte coleo; en ambos casos la serenidad del conductor debe ser grande y *no usar los frenos*, sino contener el vehículo con la dirección hasta detenerlo suavemente.

Para evitar el cambio de rueda en caso de pinchazo, hay en el mercado unas botellas metálicas con gas a presión y un líquido que tapona los orificios. Se aplica a la válvula de la rueda pinchada y al ceder el obús pasa el gas a inflar la rueda; al llegar el líquido al pinchazo, se solidifica al contacto del aire y tapona provisionalmente el desgarro, permitiendo seguir viaje unos kilómetros (más o menos, según la importancia de la avería) hasta encontrar ayuda o mejor sitio para cambiar la rueda. Es un accesorio que parece caro al comprarlo, pero no cuando hay que usarlo.

11.2. Cubiertas

Las *grietas* se producen hacia la parte media interna de los flancos. No siempre es posible la reparación de esta avería, ni aun en el taller, si se han desorganizado y roto las capas de cordaje, y es debida a insuficiencia de presión de inflado.

Desgaste excesivo de un sólo lado de la banda de rodadura.

Casi siempre se presenta en las ruedas delanteras y proviene de un mal inflado o, si es sólo en el borde exterior de la cubierta, de una "caída" excesiva en la rueda; y si en el borde interno, de falta de caída, o sea que las ruedas van "espatarradas".

Desgaste desigual en ambas ruedas delanteras.

Casi siempre producido por convergencia indebida. Si al pasar la mano por la banda de rodadura de fuera a dentro se notan como cuchillos, hay excesiva convergencia; si al pasarla de dentro a fuera, es que hay demasiado "toe-out" o muy poca convergencia. De todos modos, hay que ajustar la convergencia a su debido valor.

Desgaste exagerado en las ruedas delanteras.

La falta de presión se une a algún defecto de alineación por no tener la convergencia e inclinación correctas, por estar falseada la barra de acoplamiento, sus articulaciones defectuosas o por que existe exceso de huelgo en la dirección. Si el desgaste excesivo de la banda de rodadura se presenta en las cuatro ruedas, debe atribuirse a defecto de inflado o sobrecarga.

Si el automóvil es de tracción delantera, puede ser debido a que las ruedas tienen convergencia positiva en vez de negativa, divergencia.

Desgaste desigual a lo largo de la banda de rodadura.

En algunas partes la cubierta está como nueva, mientras en otras parece muy gastada, como frotada violentamente. Se presenta más frecuente en las ruedas delanteras e indica que hay holgura excesiva en las manguetas y cojinetes de bolas. Reparación de taller.

En la figura 8.35 se muestra como el grado de inflado influye en el desgaste de la banda de rodadura. La falta de presión, a parte de grietas interiores, hace que la banda toque el suelo por las zonas laterales. Un exceso de aire estrecha la zona de contacto, desgastándose el centro de la banda.

El inflado normal hace que el contacto sea el máximo, con desgaste uniforme. Si en el centro de la banda aparecen desgastes ovalados, será debido a frenazos violentos que bloquean las ruedas y las hacen patinar, dejándose la goma en el pavimento: debe corregirse el reglaje de los frenos; pero si no fuera culpa de estos conviene que el conductor corrija su manera de frenar bruscamente.

Cubierta desgarrada.

Si es por la parte que mira al bastidor, es por causa de rozamiento con algún elemento fijo del chasis, muchas veces debido a colocar cubiertas sobremedida o llevar el vehículo con exceso de carga que vence la suspensión.

Los desgarramientos en la parte exterior son producidos generalmente por arrimar el automóvil descuidadamente al bordillo de las aceras, por mala maniobra o por defecto de la dirección.

Cortaduras y aplastamientos en los bordes.

Se originan al rodar con el neumático desinflado, y también por deformación de las pestañas de la llanta, cuyo contorno puede estar cortante o doblado: reparación en el taller. Las láminas o manguitos de tejido cauchutado que se colocan en el interior de las cubiertas cuando en éstas se ha producido una cortadura de importancia, son una solución provisional a la que sólo debe recurrirse cuando la reparación de la cubierta no sea posible inmediatamente, pues si los parches permanecen mucho tiempo en su interior se producen rozamientos que averían rápidamente la cámara.

11.3. Cámaras de caucho sintético

En caso de usarlas, vienen claramente marcadas, debe observarse los siguientes cuidados especiales al montarlas:

1°. Espolvorear el interior de la cubierta con abundante talco.

2°. Una vez ligeramente inflada la cámara y metida en la cubierta, debe aplicarse con brocha o esponja, y en abundancia, una solución espumosa y fría de jabón (una cucharada de jabón en polvo disuelta en un litro de agua), untando la cámara en todo su contacto con los talones o pestañas de la cubierta y entre los bordes de ésta, pero cuidando que no entre líquido a la parte próxima de la banda de rodadura.

3°. Con esta solución todavía húmeda se montan cámara y cubierta en la llanta.

4°. Inflar hasta estar seguro de que las pestañas de la cubierta están bien asentadas en su sitio, hasta la presión debida. Los pinchazos deben vulcanizarse, pues los parches corrientes agarran tan mal que sólo pueden servir como solución provisional para seguir viaje un poco de tiempo. En cambio, retienen el aire muy bien.

11.4. Cubiertas sin cámara

Se desmontan y por la zona interior se aplican parches especiales.

11.5. Cubiertas recauchutadas

El coste de los neumáticos es una partida que influye bastante en el mantenimiento del vehículo. Salvo raras excepciones, lo frecuente es que en carretera con vehículos modernos se circule a velocidad que no es precisamente la más económica para los neumáticos, y el tráfico urbano congestionado ya se dijo era peor aun. Pueden disminuirse los gastos recauchutando las cubiertas; siempre mejor las propias, tratadas ya con tal intención que comprándolas, pues no se sabe como estará su estructura interior.

El recauchutado consiste en raspar lo que queda de la banda de rodadura, poner otra banda de material nuevo y vulcanizar a la vez que se suelda mediante aplicación de calor.

Las formas principales de recauchutado son las tres que señala la figura 8.40.

La A es la más corriente; la B se emplea cuando los hombros de la banda de rodadura quedaron dañados, con cortes o mordeduras con las piedras. El C cubre de borde a borde, pero su acción en los costados es meramente decorativa, acaso para tapar las huellas de rasponazos contra bordillos de acera. Con una capa de pintura especial se consigue casi el mismo efecto; y en caso de comprar una cubierta recauchutada no debe de admitirse este sistema, sino de los A y B, por este orden de preferencia: se ve lo que hay.

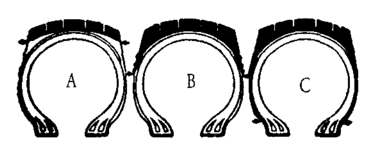


Figura 8.40.

El recauchutado conviene hacerlo cuando comienza a ponerse lisa, "comido el dibujo" en

alguna zona de la banda de rodadura (turismos); en las cubiertas para camiones puede esperarse un poco más a que casi inicie su aparición la primera cinta protectora. Si el tejido no está desgarrado, ni los costados debilitados, ni los bordes con daños, un recauchutado bien hecho permitirá rodar un kilometraje casi igual al de nuevas: póngase un 80 por 100 si por su buen estado de cordaje se recauchutan una segunda vez. Este aprovechamiento es aconsejable, aunque sólo para las ruedas traseras, en automóviles de tráfico urbano (en los que el desgaste puede ser grande, pero no por esfuerzos o velocidades inadecuadas al recauchutado) o que en carretera circulan a velocidades y temperaturas moderadas. En verano cálido no es aconsejable usar cubiertas con segundo recauchutado.

En los vehículos industriales, si la cubierta cumple las mismas condiciones citadas de buen estado, se pueden recauchutar hasta tres veces, especialmente en casos de transportes más voluminosos que pesados, es decir, que no alcanzan el peso máximo para las cubiertas, y para vehículos que circulen más bien despacio por ciudad.

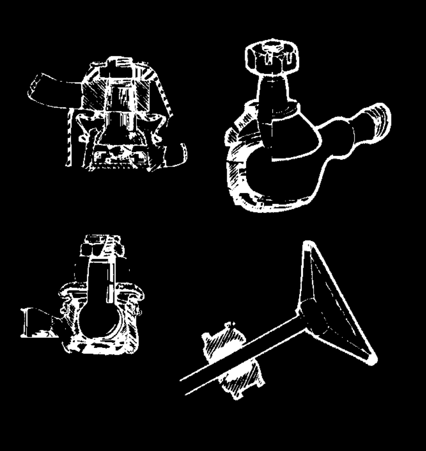
Si se recauchutan las cubiertas sin cámara, convendría usarlas con cámara, porque sus bordes estancos son bastante delicados y no admiten reparaciones.

Las cubiertas diagonales ofrecen más dificultades para conseguir buen resultado si se recauchutan salvo que se les repongan las telas metálicas N, M, P (Fig. 8.17). Esto tienen que hacerlo un taller del fabricante, y encarece tanto el recauchutado que no vale la pena para los tamaños usados en turismos. Por otra parte, como estas cubiertas tienen su mejor aplicación cuando se circula a velocidades altas, el recauchutado tampoco sería precisamente apto. En cambio, en los tamaños grandes para camiones se compensaría el coste de la reconstrucción.

TERCERA PARTE

SEGURIDAD Y CONDUCCION

Capítulo 1



La Seguridad

1. EL ACCIDENTE

Tres son los factores (hombre, vehículo y vía) que se relacionan entre sí en la circulación; siendo todos ellos importantes, es el hombre en definitiva el único que tiene capacidad de decisión para adaptar su conducción a las circunstancias que envuelvan a la misma.

La seguridad de funcionamiento, rapidez y confort que los automóviles modernos ofrecen hacen que cada vez sea mayor el parque automovilístico y el número de kilómetros que recorren, siendo cada día más empleados en viajes de largas distancias y circulando a velocidades muy considerables. Como las vías por las que se circula (en diseño, trazado y firme) no son todo lo buenas que sería deseable, es por lo que la seguridad de las personas no sólo depende de la resistencia y fiabilidad de los órganos mecánicos del automóvil, sino también de la capacidad del conductor y... un poquito del azar. Un reventón de un neumático, una breve distracción del conductor, un obstáculo inesperado en el camino, un exceso de confianza o el incumplimiento del Reglamento General de Circulación son, entre otras, las causas que pueden provocar un accidente.

1.1. La seguridad activa y pasiva

La interpretación del concepto de "seguridad automovilística" no debe de conducir al error de asumir el accidente como un mal endémico de la sociedad en la que se considera al accidente como un tributo que hay que pagar, conformándose con que se produzca el menor número de accidentes y con las mínimas secuelas, sino a intentar evitar la posibilidad de que se pueda producir.

Hay una serie de elementos y factores que no tienen que pasar desapercibidos para el conductor, pues de su correcta utilización e interpretación se puede pasar del accidente como tragedia a lo que se puede considerar simplemente como "un gran susto".

La calidad de los materiales empleados en la fabricación del vehículo, el disponer de un sistema de frenos con ABS, la posibilidad de contar con Airbag para conductor y acompañante, el tipo y estado de los neumáticos empleados, el uso del cinturón de seguridad o, por ejemplo, la calidad de las lunas y cristales, son aspectos determinantes para valorar la integridad personal, en el caso de que se produzca el accidente.

Las superficies acristaladas.

Una causa de heridas muy frecuente para el conductor y acompañantes casi ha desaparecido en los automóviles: la rotura de los cristales. Hace años que ya se emplean los vidrios llamados "inastillables" o de seguridad, que deberían ser exigidos por todos los usuarios y ser obligatorio su uso en toda clase de vehículos de transporte público.

Hay dos sistemas en uso:

- El tipo "sandwich" u *hojaldrado* (Trilex, etc.), compuesto de una hoja de materia plástica, transparente e invisible, aprisionada por capas de cristal, cuya adherencia perfecta hace que al romperse se estríe en varias direcciones sin saltar en pedazos.
- El *templado* (Securit, etc.), constituido por un cristal de una pieza, que por un tratamiento especial modifica sus propiedades quebradizas, haciendo que las capas externas adquieran mayor dureza que las interiores, ofreciendo un conjunto flexible; al partirse este cristal lo hace en fragmentos muy pequeños que no presentan aristas vivas y cortantes, sino de bordes redondeados, casi totalmente inofensivos; pero tiene el inconveniente de poder quedarse opaco, sin visibilidad para el conductor, por lo que se recomienda usar el hojaldrado en los parabrisas.

Los cinturones de seguridad.

Es el elemento que más vidas "ahorra", limitando al mismo tiempo la gravedad de las heridas.

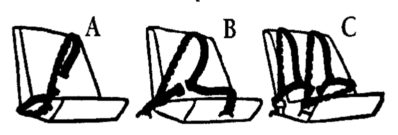


Figura 1.1.

Los sistemas que, hasta ahora, parecen ofrecer el mejor resultado son los señalados en la figura 1.1. La correa o cinta en bandolera A es el más sencillo. También con un solo cierre y poca más complicación es el B; está compuesto de cinturón y bandolera que sujetan tronco y cintura, ofreciendo amplia protección aunque dejan poca libertad de movimientos. El más eficaz es el C, pero también es el más complicado de ajustar y ponerse, y el que más "ata" al asiento.

El empleo, generalizado y actualmente obligatorio, de estos cinturones de seguridad ha permitido realizar estudios estadísticos, según los cuales se llega a evitar, por lo menos, las dos terceras partes de víctimas mortales y de heridos graves. Por ello es muy recomendable para los automovilistas no sólo la instalación sino el adecuado uso de los mismos.

Generalmente se ponen del sistema B en los asientos delanteros, para el conductor y su acompañante, y para los pasajeros del asiento trasero suelen usarse del sistema A.

1.2. La prevención del accidente

Para prevenir un accidente es preciso mantener un equilibrio entre las exigencias (condiciones de la vía, del entorno y del vehículo) y las capacidades (nivel de atención, capacidad de reacción, habilidad en el manejo de los mandos, etc.). Por lo que el accidente sobreviene cuando el conductor, ante una determinada situación, no mantiene el nivel de sus capacidades por encima del de las exigencias. Existen una serie de medidas que ayudan a prevenir el accidente:

- Mantener a punto el vehículo.
- No conducir estando fatigado o bajo los efectos del alcohol.
- Colocarse correctamente el cinturón de seguridad.
- Circular con prudencia y anticipación.
- Etc.

El accidente se debe considerar, para su estudio, como una cadena de sucesos, que se puede desglosar en seis fases:

- Percepción del peligro (reconocimiento), en la que se ve, oye o presiente una situación imprevista ante la que habrá que reaccionar.

- Situación crucial (decisión), es el último momento de que dispone el conductor para decidir la solución a tomar.
- Acción evasiva (ejecución), es la actitud tomada por el conductor para eludir una colisión o evitar un peligro. Constituye el final del tiempo de reacción.
- Punto sin solución, es el momento en el que ya no se puede impedir el accidente, aunque se pueden aminorar todavía sus consecuencias.
- Punto de impacto, que se puede desdoblar en: contacto inicial y máximo enganche.
- Posición final, cuando los objetos implicados en el accidente llegan a su punto de reposo, sin que exista fuerza alguna entre ellos.

1.3. Estado psicofísico del conductor

Son muchos los factores que pueden modificar el estado psicofísico del conductor, y por tanto su capacidad para conducir con seguridad. A continuación se van a tratar solamente algunas de las alteraciones que se pueden presentar en un momento determinado y por lo tanto afectarle.

Intoxicación por óxido de carbono.

Comienza esta intoxicación con dolor de cabeza, pesadez, trastornos de la respiración, y en grado muy avanzado a la pérdida de la conciencia. Debe aplicarse calor en las extremidades, colocar al enfermo en una atmósfera pura libre del óxido, dar fricciones enérgicas en la piel y, si es necesario, presiones alternativas sobre el pecho y bajo vientre, para mantener la ventilación pulmonar, procediendo luego a darle estimulantes.

Mareo.

Si algún pasajero tiende a marearse (las modernas suspensiones blandas lo provocan fácilmente, y si el conductor lo padece, habrá de poner amortiguadores potentes y duros) conviene distraerle haciéndole observar cosas del exterior, a ser posible lejanas. Si la situación persiste será preciso hacer una pequeña parada y dar un paseo.

También influye la manera de conducir, pues las aceleraciones fuertes y el tomar las curvas a elevada velocidad, lo acentúan mucho más.

Es conveniente que la persona que se maree se siente donde pueda darle el aire de la marcha, aunque sea frío. De ningún modo debe entretenerse con lecturas o juegos que fijen su atención en el interior del vehículo.

Hay productos farmacéuticos que previenen y corrigen el mareo con eficacia.

Fatiga y sueño.

Se ha podido comprobar que muchos accidentes tienen su origen en la fatiga y el sueño de los conductores. Investigaciones recientes confirman que casi todos los que parecían inexplicables, y muchos atribuidos a otras causas, tienen este origen.

Un servicio prolongado al volante produce gran fatiga nerviosa (parece ser que las vibraciones mecánicas que le llegan al conductor por pies y manos ayudan bastante a ello) que se traduce en sueño.

El peligro es naturalmente muy grave, pues muchos accidentes mortales se han originado al dormirse el conductor, atribuyéndose equivocadamente a defectos mecánicos como la rotura de la dirección, por ejemplo.

Las causas más corrientes de la fatiga son:

- La conducción hora tras hora especialmente por carreteras rectas, cuya monotonía se añade a la posibilidad de ir deprisa, pues la rápida sucesión de las mismas imágenes merma sensiblemente la facultad de atención.

- La atención persistente que requiere una conducción prolongada desequilibra el sistema vago-simpático, eleva la tensión arterial y causa un sopor que se parece mucho a la somnolencia.
- El calor favorece la "modorra"; conducir con un ambiente muy cargado al ir el automóvil cerrado y con la calefacción conectada es cómodo y confortable, pero muy traicionero para el conductor. Al menor síntoma de sopor, el conductor debe abrir las ventanillas de modo que le dé en la cara el viento de la marcha.
- La digestión es un factor importante, a tener en cuenta si se bebe vino, se hacen comidas copiosas o se padece insuficiencia hepática.
- El insomnio nervioso, en el que se está desvelado pero con fatiga; la ansiedad por algo que se espera o tema, etc.
- Un fenómeno típico en la conducción de automóviles, que consiste en una especie de sueño con los ojos abiertos. Se ha comprobado que la fatiga neuro-muscular lleva consigo una disminución del nivel de azúcar en la sangre (hipoglucemia), causando la misma sensación de ligera euforia que el alcohol en sus comienzos, con retardo en los reflejos (aumento del tiempo de reacción) y creencia de que todo es fácil y sencillo.

En cuanto se note el más leve cansancio, que se guiñan o pican ligeramente los ojos, o simplemente a las pocas horas de conducir, deben tomarse bebidas muy azucaradas.

A los primeros síntomas de sueño se debe hacer lo mismo que para la fatiga (aquél es consecuencia de ésta), y después continuar el viaje muy despacio y atentamente, especialmente de noche y con niebla, porque el sueño es muy traidor. Otros remedios son: hablar o cantar en voz alta, darse pellizcos en las caras internas de los muslos, etc.

No debe vacilar el conductor en pedir conversación en voz alta a los pasajeros que vayan con él, y si es necesario que se siente alguien a su lado para vigilar su lenta conducción, pero evitando el dormirse.

Si la somnolencia, muchas veces con los ojos abiertos, persiste, debe detenerse el vehículo, tomar una mayor dosis de azúcar y tumbarse diez minutos sin pensar en nada. Generalmente, esto basta.

Uno de los síntomas más característico de ese sueño traidor es que se tienen alucinaciones, viendo cosas que no hay. En cuanto se crea ver algo que enseguida se comprueba fue un error, debe pararse sin perder tiempo y aplicar los remedios citados.

1.4. Actuación en caso de accidente

Como el número de vehículos crece rápidamente, el de accidentes es también cada vez mayor, aunque por suerte no en la misma proporción, debido sobre todo, a las medidas policiales de previsión, organización y vigilancia del tráfico. Pero es muy probable encontrarse con un percance propio o ajeno, y para atender esta emergencia conviene tener unas nociones sobre socorrismo, de manera que permitan prestar los primeros y elementales auxilios a las víctimas.

En caso de accidente, lo que urge es procurar lo antes posible atención facultativa a los heridos, pero eso no quiere decir que se les traslade alocadamente al centro sanitario más próximo; muchas personas heridas han muerto o quedado paralíticas sin necesidad, nada más que por haberlas movido sin pericia.

Recordando al lector que la omisión de socorro, como consecuencia de un accidente de tráfico, está considerado como un delito, a continuación se expone la forma correcta de actuar ante un accidente: señalizar dicho lugar adecuadamente para evitar que cree nuevos peligros (con un objeto visible y colocado a una distancia prudencial del obstáculo), iluminar la zona en caso de que no exista suficiente visibilidad, verificar posibles riesgos de explosiones, atender a las víctimas y valorar la gravedad de cada una, socorrer prestando los primeros auxilios, y pedir auxilio a terceras personas para que se presencie en el lugar, si es necesario, los agentes de la autoridad, personal sanitario y alguna grúa.

2. AERODINÁMICA

Es la ciencia que estudia los fenómenos que acompañan el movimiento producido entre un cuerpo y el aire que lo rodea. Mediante la aerodinámica se pueden elegir las formas y diseño de un vehículo según las diferentes condiciones de utilización, determinando los perfiles adecuados y definir luego los valores de empuje y fuerza sustentadora; así como los diferentes grados de estabilidad y equilibrio del vehículo cuando va circulando.

La resistencia que el aire ofrece al avance de un vehículo supone aproximadamente el 60 por 100 de toda la energía y potencia desarrollada por el motor, aunque este valor se puede modificar ya que resulta directamente proporcional a la forma frontal que tenga aquél, a la superficie de proyección frontal, a la densidad del aire y al cuadrado de la velocidad relativa, con respecto al viento.

Por otra parte, un aumento del 10 por 100 en la velocidad, puede suponer un 50 por 100 más en la resistencia del aire.

2.1. Coeficiente aerodinámico

La mayoría de los fabricantes informan del coeficiente aerodinámico Cx, que es un parámetro adimensional elaborado en base a unos estudios determinados en el túnel del viento, en relación a la potencia consumida a una determinada velocidad. Otros fabricantes, sin embargo, mencionan el coeficiente dimensional por ser el que mejor define la resistencia que el viento va a ofrecer al avance.

En el Cx influyen todas las formas del vehículo, incluida la parte posterior, por lo que se pueden distinguir tres clases de carrocerías.

- Los vehículos con tres volúmenes:
  . El maletero forma un plano horizontal.
  . Los dos planos verticales rompen la capa de aire.
  . Se forman turbulencias desestabilizadoras.
  . Aumenta notablemente el consumo.
  . Es el vehículo menos aerodinámico.
- Los vehículos de dos volúmenes que terminan en un plano inclinado:
  . Se rompen las capas de aire muy cerca de dicho plano.
  . No son totalmente estables.
  . Tienen mejor aerodinámica que las anteriores.
- Los vehículos de dos volúmenes que terminan en un plano más o menos vertical:
  . Son menos aerodinámicos que los que terminan en plano inclinado.
  . Tienen mayor estabilidad.

A continuación se exponen algunos ejemplos representativos de algunas formas y sus coeficientes aerodinámicos:

Paracaídas	1,35 Cx
Esfera	0,10 Cx
Perfil de un ala	0,05 Cx
Turismo (media)	0,35 Cx

2.2. Factores y/o elementos que modifican la aerodinámica

El conductor no puede influir en el aire, pero sí puede actuar de forma que su vehículo ofrezca la menor resistencia posible, de alguna de las siguientes maneras:

- Eliminando los elementos o accesorios exteriores, a no ser que fuese necesarios para la seguridad activa o pasiva, caso de los espejos retrovisores. El mero hecho de llevar colocada la baca o no, o ir cargada o vacía la misma, ya supone una variación importante.
- Manteniendo cerrados los cristales de las ventanillas, pues en caso contrario las corrientes de aire modificarían el comportamiento dinámico del vehículo.
- Repartiendo la carga. El peso excesivo en la parte trasera del vehículo provoca el hundimiento de la misma y por consiguiente que se levante la parte delantera, ofreciendo de este modo más resistencia al aire, a la vez que una mayor inestabilidad al disminuir la adherencia del eje delantero.

3. ENTRETENIMIENTO

Por las descripciones que se han hecho de los diferentes órganos que constituyen un automóvil se comprende fácilmente que un vehículo moderno es uno de los más complicados mecanismos conseguidos por la industria, que ha de funcionar en condiciones de trabajo muy duras, sobre firmes desiguales y a velocidades diversas; expuesto a la intemperie y recibiendo el chasis, por su parte inferior, el barro y el polvo de las vías públicas.

Por buena que sea la calidad de los materiales empleados y el montaje y ajuste de sus piezas, no hay vehículo que resista el abandono o el mal trato. Sucede con frecuencia que cuanto más barato o viejo sea un automóvil, menos se le cuida, poniéndole en condiciones de desventaja con los vehículos más caros o nuevos, que por esta misma razón se esmera su cuidado, y así resulta que aquél ve agotada su vida prematuramente, con frecuentes visitas a los talleres, resultando costoso su entretenimiento.

Este concepto aplicado a un automóvil, es un error; por modesto que sea el mismo, su conductor puede sacar de él un excelente partido. El secreto está en cuidarlo como se merece.

Todo conductor debe realizar sobre su vehículo un cuidado minucioso y una correcta conducción. Observando los preceptos que sobre estos extremos se exponen en éste capítulo y en el siguiente, el rendimiento obtenido será mucho mayor y más económico.

3.1. El engrase

En el capítulo correspondiente se señalaron los sistemas de engrase empleados para obtener un funcionamiento correcto de los diversos órganos móviles del vehículo, así como las condiciones y calidades de los lubricantes empleados en automovilismo. Cada marca o modelo de vehículo tiene especificados los que deben usarse en cada órgano mecánico, como allí se indicó.

Actualmente, en función de los materiales empleados y con el empleo del engrase simplificado, el conductor prácticamente no tiene que preocuparse nada más que de revisar el nivel de aceite en la caja de cambios y en el motor, ya que las diferentes articulaciones o ejes de giro no precisan de su atención. Por todo ello, todo lo que se cita a continuación en este apartado, es más como conocimiento general y si acaso de empleo en algunos vehículos, que como aplicación para efectuar un entretenimiento adecuado de los mismos. Por otra parte es de uso generalizado acudir a los talleres especializados para efectuar las revisiones periódicas cada cierto tiempo, independientemente de lo que marcan los manuales de los diferentes fabricantes para sus modelos de vehículos.

El conductor que tenga que realizar la tarea del engrase personalmente en su vehículo, debe tener aceiteras de diferentes tamaños para acceder a los diferentes puntos de engrase.

Engrasadores Stauffer.

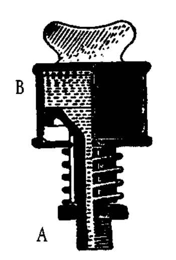


Figura 1.2.

Aunque actualmente casi son anecdóticos y más propios de un coleccionista, se detalla a continuación su funcionamiento por su simplicidad y posible aplicación.

El engrase de las articulaciones del chasis (dirección, ballestas, ruedas, etc.) se hacía antes por medio de engrasadores Stauffer (Fig.1.2). Sobre el eje de la articulación a engrasar se atornilla y fija la parte A, taladrada, por la cual se fuerza a pasar la grasa que hay en el hueco de la tapa B al girar ésta sobre la rosca que le sirve de soporte. La tapa se quita y se rellena de grasa consistente de modo que al atornillarla pasa por compresión a lo largo del hueco A hasta el sitio donde haga falta. El engrase periódico consiste en dar una o dos vueltas a la tapa B cada vez. Cuando al cabo del tiempo se haya atornillado a fondo y no gire más se saca y se rellena nuevamente de grasa.

Este tipo de engrasador da muy buenos resultados si el conductor se preocupa de girar periódicamente la tapa B.

Ahora sólo se usa en aquellos puntos en los que conviene que pase a menudo el lubricante, como son, por ejemplo, los ejes de la bomba de agua y de la cabeza del Delco, pues el atornillado de la tapa B permite graduar la cantidad de grasa en forma insistente y continuada.

Actualmente son usados por Skoda en el eje de la bomba de agua en su modelo 120.

3.1.1. Engrase a presión

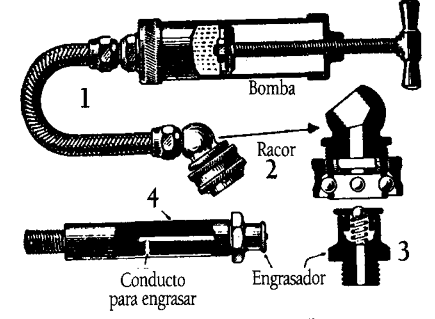


Figura 1.3.

Igual que en el caso anterior, se describe a continuación el mecanismo de una bomba manual de engrase, que aunque no tenga una aplicación muy vigente, sirve como recurso para el conductor que realice el engrase de determinados puntos de forma personal.

Las articulaciones a engrasar tienen como siempre, patas de araña en las superficies de contacto y canales por donde les llega el lubricante desde el engrasador (Fig.1.3-4); éste es de la forma que señala el detalle 3, con una válvula de bola para que no puedan entrar suciedades, polvo, agua, etc. Una bomba portátil (detalle 1), cuyo émbolo se hace avanzar generalmente por articulación y palancas, con el que la presión puede ser elevada hasta 80 Kg./cm^2, inyecta el lubricante (conviene usar valvolina o aceite espeso, mejor que grasa blanda) por su tubo flexible, en cuyo extremo hay un racor de unión "accidental" al engrasador 3: la valvolina a presión vence la válvula de bola y pasa forzada a engrasar la articulación. La bomba se carga destornillando la tapa y sacando el pistón fuera; antes de montarlo otra vez se debe avanzar la tapa por el vástago roscado hasta cerca del pistón para dejar sitio a la nueva capa de lubricante. Antes de aplicar el racor 2 a cada engrasador 3, se deben limpiar estos cuidadosamente del polvo o barro que contengan. Excepto en aquellos engrasadores en que se indique lo contrario, en los demás debe bombearse hasta que se vea rebosar el aceite por las juntas de las piezas que se engrasan.

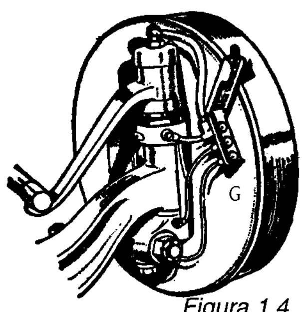


Figura 1.4.

En algunos vehículos cada articulación a engrasar se provee de un tubo en cuyo extremo va el engrasador 3, con lo que estos pueden llevarse hasta un sitio más accesible que si se colocase directamente sobre la articulación, agrupándose como indica en G la figura 1.4.

No obstante, lo más corriente es llevar el vehículo a engrasar a un taller, donde inyectan el lubricante mediante aire comprimido con una presión más elevada, garantizando el paso forzado por las articulaciones.

3.1.2. Engrase central[1]

Actualmente se usa en máquinas de obras y en instalaciones fijas.

3.1.3. Engrase simplificado

El empleo de los nuevos materiales permite llegar a suprimir prácticamente el engrase en los vehículos nuevos, a los que solamente cada 50.000 Km. o cada dos años, se les debe revisar en un taller los engrasadores sellados.

Todos los puntos del chasis que requerían engrase periódico y frecuente se protegen ahora de la fricción y consiguiente lubricado por uno de estos tres sistemas:

a) Empleo del caucho, generalmente sintético, en forma de silentblocs o análogos.
b) Pequeños depósitos sellados de lubricantes con aditivos, sobre todo bisulfuro de molibdeno. Cojinetes blindados y grasas fibrosas que no llegan a licuarse con la temperatura.
c) Articulaciones con plásticos de bajo frotamiento.

Al sistema "b", muy empleado, pertenecen entre otras, por ejemplo las articulaciones que se detallan en la figura 1.5:

- En 1 se ve la bola en rótula esférica, con un resorte C para absorción automática de la holgura; B es la tapa hermética de plástico o caucho sintético que encierra el lubricante especial (anticorrosivo, estable y con molibdeno) para el engrase durante 50.000 Km. o dos años, el cual queda "sellado" entre B y la tapa inferior donde apoya C. Para mayor protección suele cubrirse con el capuchón de caucho A (Chrysler).
- En 2 se intercalan, entre la bola H y la muñonera F, dos anillos esféricos E, de poliuretano poroso, un plástico que se impregna del lubricante contenido en la articulación y que es tapado por la cubierta de caucho sintético D, sujeta por el anillo de plástico J. El resorte para corrección automática de la holgura es G.
- En 3 se ve la junta esférica inglesa Thompson, usada también por Fíat; la bola está contenida en la muñonera L, el resorte de holgura es M, y la tapa K de caucho sintético sella el lubricante contenido en el interior.

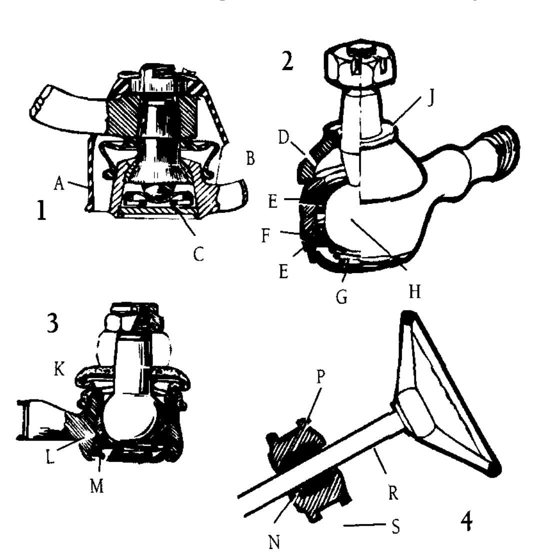


Figura 1.5.

También comienzan a emplearse anillos como en 2 o fundas esféricas casi completas hechas con tejido de un plástico llamado teflón, más resbaladizo que el grafito: " si se frota teflón contra teflón, es

como frotar hielo contra hielo". Se utiliza después de convertirlo en fibras (como el rayón) y tejido como una tela, con el grosor conveniente. Con el teflón no se necesita lubricante.

Para el sistema "c" se usan metales porosos (obtenidos partiendo de hierro, estaño, cobre, etc. en polvo, que se dosifican, aglomeran y se tratan en hornos de elevada temperatura); aproximadamente hasta un 30 por 100 de su volumen admite lubricante adecuado, por lo que se emplean como apoyos, anillos y rodamientos en sitios poco accesibles y que no han de trabajar a temperaturas excesivas.

- En el dibujo 4 se ve la aplicación al apoyo de la columna de la dirección R al pasar por el salpicadero S: el anillo de metal poroso N, impregnado, se recubre con la pieza P de caucho. Pueden ser de bronce o de hierro, y se aplican tanto en los embragues y motores de arranque como en las articulaciones de las zapatas de freno y de los mandos de cambio y embrague, entre otros. Si el roce es continuo (como en las dinamos, limpiaparabrisas, algunos apoyos de la distribución, etc.) llevan incorporado un pequeño depósito de lubricante, que puede ser un fieltro empapado.

Gracias a estas mejoras pueden ofrecerse actualmente automóviles que prácticamente, no necesitan más atención que suministrarles combustible y cambiar el aceite cada 6.000 a 10.000 Km., a la vez que echar agua a la batería, porque el agua del sistema de refrigeración tampoco es necesario reponerla si el circuito es sellado.

Para cambiar el aceite del motor cuando está ya degradado, se puede realizar por gravedad o recurriendo a un sistema de aspiración que ha aparecido actualmente y que es más ecológico que el tradicional. De manera que cada vez son más numerosos los vehículos que carecen del tapón de vaciado del cárter del motor.

Con este procedimiento se ha demostrado que es la forma más limpia, rápida, eficaz y segura de extraer el aceite degradado del motor, aspirándolo por medio de unas sondas de distintos diámetros y longitudes a través del orificio de la varilla de nivel del motor. Su funcionamiento es eléctrico y autónomo.

3.1.4. Engrase del motor

Aquellos vehículos que no dispongan de un sistema de engrase simplificado y sean modelos antiguos, precisan un engrase en distintos órganos del motor, que se debe realizar cada 1.000 Km. de recorrido o mensualmente en su caso.

Los cojinetes del motor de arranque (si no tienen lubricación permanente) con una o dos gotas de aceite de motor. Más cantidad de lubricante sería perjudicial.

El eje y varillaje de mando del acelerador, manecilla de avance al encendido, eje de la mariposa del carburador, etc. deben ser engrasados en todas sus articulaciones y ejes de giro también con unas gotas de aceite de motor.

Lo mismo ocurre con los cojinetes del ventilador; el eje de la bomba de agua conviene atenderlo más a menudo: cada 250 Km. e incluso diariamente, si lleva engrasador visible.

3.1.5. Engrase de la transmisión y chasis

En la actualidad el cojinete axial del embrague lleva grasa cautiva al ser blindado, no necesitando ningún mantenimiento de engrase. En algunos vehículos pesados y todo terreno medios, se conserva un engrasador, exterior a la envolvente del embrague, que mediante un tubo, permite el engrase del cojinete axial.

Lo mismo ocurre con los ejes de los pedales de freno y embrague, que se deben aceitar con vaselina, así como todas las articulaciones y ejes del mando de los frenos y rótula de la palanca del cambio.

Los rodamientos de rueda llevan grasas de gran calidad, resistentes a licuarse con la temperatura, que es cautiva por medio de retenes que impiden su salida, así como la entrada de humedad al buje. Sólo en caso de desmontaje exige el reponer esta grasa y es entonces cuando debe hacerse moderadamente para que no pase el exceso de lubricante a los tambores de los frenos, que patinarían; por la misma razón debe tenerse cuidado con el engrase de los ejes de las levas de los frenos delanteros y traseros (si son mecánicos), en los que no debe darse más que una vuelta a la empuñadura de la bomba de engrase.

Los cárteres de la caja de cambios y del diferencial se deben revisar periódicamente y rellenar hasta su nivel cuando sea preciso.

Casi todos los vehículos actuales efectúan la transmisión del esfuerzo motor a las ruedas traseras por medio de juntas cardan.

Las ballestas se engrasan levantando el chasis con el gato para que se distiendan, se sueltan las abrazaderas y se inyecta aceite separando las hojas con un destornillador.

Con las piezas de caucho de los automóviles modernos, debe evitarse el salpicarlas de aceite, protegiéndolas de las grasas, y si tienen roces, se "lubrican" con polvos de talco, que además ayudan a conservar la goma (salvo el caucho sintético especial para aceites).

Si se va a engrasar el chasis, conviene lavarlo por debajo con agua a presión; después del lubricado general, ya seco aquél, se efectúa un petroleado a toda la parte inferior incluso a las aletas por debajo, con niebla de petróleo o gasoil con una pistola de aire comprimido. Así se protegen las partes metálicas de la oxidación, que comienza por fisuras de la pintura protectora.

Para proteger las partes bajas del vehículo, sobre todo de la corrosión, y de paso de los golpes de las piedras y también para insonorizarlas, para que no resuenen, se recomienda tratarlas con algún preparado de los que existen en el comercio con una capa gruesa de protección.

Algunos engrasadores, por ejemplo los de los pivotes de las ruedas delanteras y los de las gemelas de las ballestas, se resisten a veces a admitir lubricante. Si son los primeros, se levanta con el gato el eje delantero y, mientras se gira el volante a izquierda y derecha, se inyecta con la bomba. El movimiento de las piezas a lubricar facilita la entrada de la valvolina. Si son las gemelas de las ballestas, se balancea fuertemente el vehículo mientras se inyecta, por análoga razón.

Si, no obstante, algún engrasador se muestra rebelde a recibir el lubricante, se quita y limpia su interior con petróleo, comprobando el estado de la válvula-bola, y se inyecta petróleo a la articulación para lavarla antes de reponer el engrasador y volver a inyectar la valvolina.

Si se rompe la cabeza de un engrasador, dejando la espiga roscada en su alojamiento, puede sacarse ésta fácilmente atornillando de manera forzada en ella un macho de rosca "a izquierdas".

De vez en cuando es bueno poner vaselina en las bisagras del capó; interior de los cables Bowden, si los hay; bisagras y cerraduras de las puertas; y en general, en todas las charnelas y contactos frotantes de todo el vehículo.

Por último recordar que el aceite en caso de caer a las ruedas es perjudicial, pues ataca a las gomas de los neumáticos.

Recuérdese que cada vehículo tiene su *Guía de Engrase y Mantenimiento* (cuidados periódicos), y con arreglo a ella se debe proceder

3.2. Cuidados periódicos

Independientemente de las revisiones periódicas que marquen los manuales de los fabricantes de los vehículos, para un mejor mantenimiento de estos es bueno llevar de forma sistemática una serie de revisiones denominadas "Cuidados Periódicos", que reper-

Guía de engrase de un turismo.

Las letras mayúsculas significan: D, diariamente o cada 250 km.; M, mensualmente o cada 1.000 km.; N, cada 2.000 kilómetros o cada dos meses; S, semestralmente o cada 8.000 km.; A, una vez al año o cada 12.000 km.; B, cada dos años o 24.000 km. Las minúsculas: *a*, aceite de motor; v, valvolina; g, grasa blanda; s, aceite de vaselina o de máquina de coser.

Dirección: 1, apoyo de la palanca de ataque. 2, biela de mando. 19, barras de acoplamiento. 4 y 20, pivotes de las ruedas delanteras. 10, engranaje.
Suspensión: 3 y 18, articulaciones inferiores, y 6 y 22, articulaciones superiores de los brazos delanteros. 17, gemelas y ballestas traseras.
5 y 21, 19 y 29, cubos de las ruedas.
7, rodamiento de la dinamo.
8, cabeza del delco. La leva del ruptor conviene untarla ligeramente de vaselina sólida.
9, filtro de aceite.
11, mando, y 13, varillaje del cambio de velocidades (palanca en la columna de la dirección).
12, ejes de los pedales de freno y embrague.
14. estrías de la cardan deslizante.
15, rodamientos del apoyo intermedio (cuando el árbol de transmisión es largo).
23, ejes de la bomba de agua y del ventilador.
24, filtro de aire y depósito de líquido para frenos.
25, embrague hidráulico o convertidor de par.
26, cambio de velocidades.
27, juntas universales (cardan).
28, diferencial.

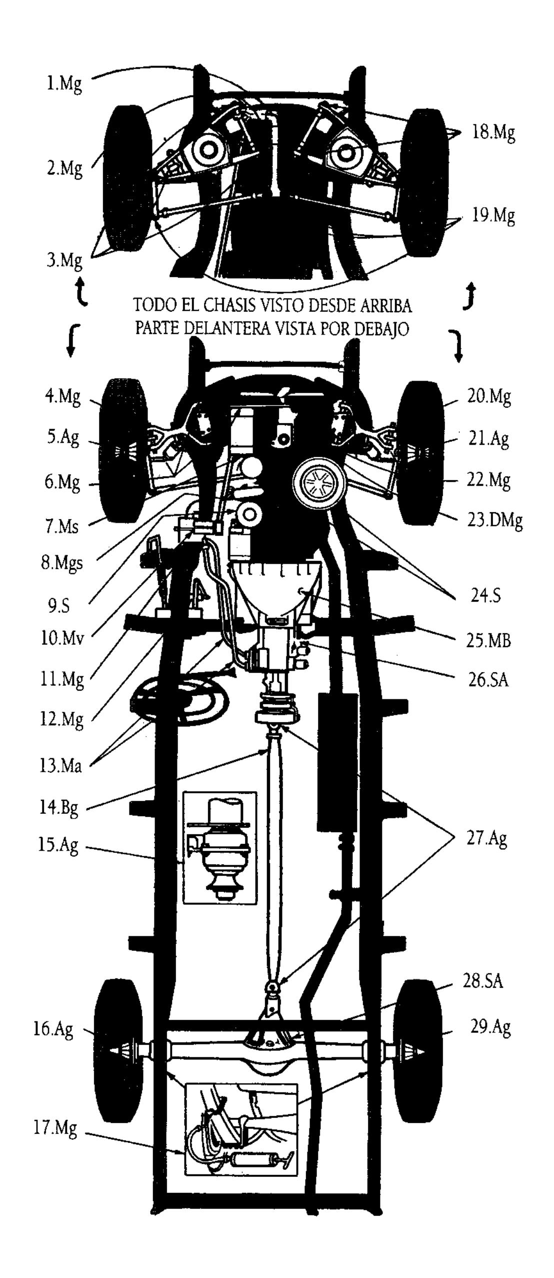
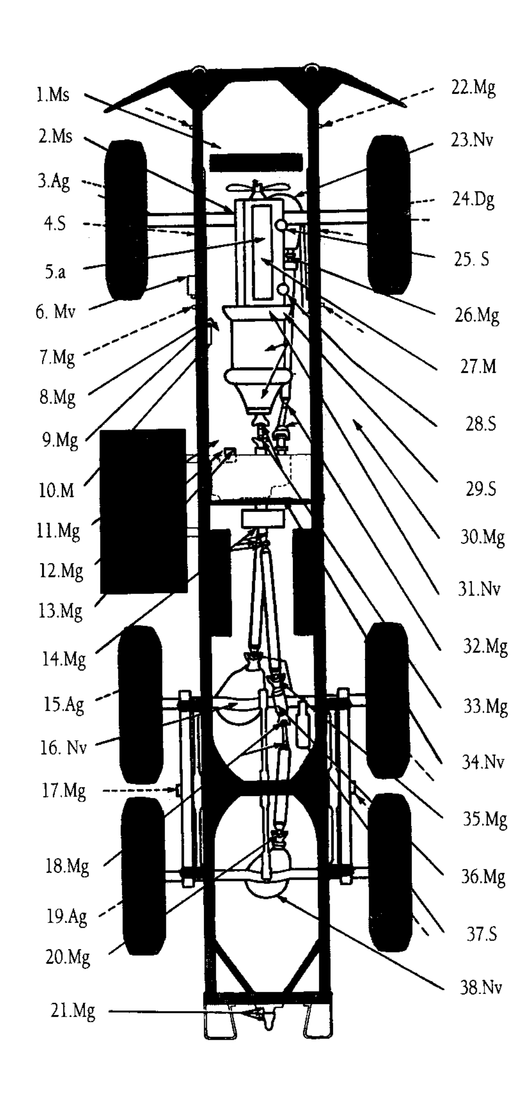


Figura 1.6.



1, torno delantero.
2, compresor de aire.
3, cubos de las ruedas delanteras.
4, amortiguadores.
5, cárter del motor.
6, engranaje de la dirección.
7 y 22, gemelas y ballestas delanteras.
8, torno lateral.
9, pedales.
10, líquido de frenos (en los camiones conviene reponer cada 1.000 Km.).
11, toma de fuerza.
12, toma y cable del velocímetro.
13, freno de mano.
14. juntas universales y deslizantes.
15 y 19, cubos de las ruedas traseras.
16 y 38, diferenciales traseros.
17, ballestas y amortiguadores traseros.
18 y 20, juntas cardan y deslizantes.
21, gancho.
23, diferencial delantero.
24, juntas homocinéticas, pivotes de las ruedas y articulaciones de la dirección.
25 y 29, filtros del respiradero del cárter y de la entrada del aire al carburador. (Si se hace servicio en zonas polvorientas deben limpiarse cada mes, e incluso semanal o diariamente).
26, junta cardan.
27, cabeza de delco (untar ligeramente con vaselina sólida la leva del ruptor).
28, filtro de aceite.
30, soporte de la rueda de repuesto.
31, embrague, cambio y reductor.
32, juntas cardan y deslizante.
33, juntas cardan y deslizante.
34, caja de reenvío.
35, juntas cardan.
36, apoyo de la transmisión.
37, cilindro de mando de frenos.

Guía de engrase de un camión (con propulsión total y doble eje trasero).

Las letras mayúsculas y minúsculas, que acompañan a cada número en el dibujo, significan los plazos y clases de lubricante explicados en la figura 1.6, y en el Cuadro de Cuidados Periódicos. Las flechas con líneas de trazos indican que hay otro engrasador análogo al otro lado del vehículo.

Figura 1.7.

cutirán en la vida del vehículo y en la seguridad de los ocupantes. Los cuadros que se exponen a continuación son orientativos en lo que se refiere a los intervalos de tiempo o a los kilómetros recorridos.

Lo mismo que ocurre en las figuras 1.6 y 1.7, *las letras mayúsculas significan*: D, diariamente o cada 250 Km.; M, mensualmente o cada 1.000 Km.; N, cada 2.000 Km. o cada dos meses; S, semestralmente o cada 8.000 Km.; A, una vez al año o cada 12.000 Km.; B, cada dos años o 24.000 Km. *Las minúsculas*: "a", aceite del motor; "v" valvolina; "g", grasa blanda; "s", aceite de vaselina.

D. Cada 250 kilómetros o DIARIAMENTE

1. Comprobar el nivel y rellenar de aceite el cárter del motor.
2. Comprobar el nivel y rellenar de agua el radiador.
3. Comprobar la cantidad de combustible que hay en el depósito.
4. Comprobar el funcionamiento de los diferentes sistemas de alumbrado, así como el estado de limpieza de sus contactos.
5. Engrase de la bomba de agua (g).
6. Comprobar la presión de inflado, incluso de la rueda de repuesto.
7. Quitar aceite, alquitrán y piedrecillas de las cubiertas.
8. Comprobar el apriete de los tornillos de sujeción de las ruedas.

Cada 15 días en verano, conviene comprobar el nivel en la batería de acumuladores y rellenar, si es necesario, preferentemente con agua destilada, salvo si se trata de baterías con bajo o nulo mantenimiento.

M. Cada 1.000 kilómetros o MENSUALMENTE

1. Engrase del chasis con arreglo a la guía propia del automóvil de que se trate, o si no se tiene, repasando las figuras 1.6 y 1.7 petrolear después.
2. Rodamientos de dinamo, motor de arranque y magneto (s).
   Delco: eje (g); dedo (s). Articulaciones de los amortiguadores si no son de silentbloc (g). Eje del ventilador (g).
3. Varillas de mando del acelerador (incluso el eje de la mariposa del carburador), estrangulador, avance al encendido, frenos, etc. (s).
4. Balancines de las válvulas si no tienen engrase a presión desde el motor (a).
5. Soporte en el tablero de la columna de la dirección (s); si es de caucho, con polvos de talco.
6. Cojinete y tope del embrague (sin engrasador exterior, a; con, v o g).

Cuando corresponda:

1. Cambiar el aceite del motor, dependiendo de los kilómetros recorridos, del tiempo transcurrido si el vehículo ha estado fuera de servicio, de si el aceite empleado es monogrado (verano/invierno) o multigrado, del tipo de servicio que haga el vehículo, etc. Si el aceite es de una marca y calidad acreditada, procedente de envases precintados y con garantía, el cambio se puede espaciar entre 5.000 y 10.000 Km. para los turismos, como norma general. Si el filtro de aceite tiene tapón de limpieza, se deben extraer los posos; y si es de papel, sustituir éste cada dos cambios de aceite.

N. Cada 2.000 kilómetros o CADA DOS MESES

1. Comprobar el nivel y rellenar de lubricante el cambio y el diferencial (v), en vehículos con más de 50.000 Km.
2. Engrasar las hojas de las ballestas, sin desmontarlas (g).
3. Limpiar los filtros de combustible.
4. Comprobar y rellenar el embrague hidráulico o el Hydramatic o el convertidor de par.
5. En invierno, comprobar el nivel de la batería de acumuladores.

S. Cada 8.000 kilómetros o CADA SEIS MESES

1. Comprobar el nivel y rellenar de lubricante el cambio y el diferencial en vehículos con menos de 50.000 Km. (v).
2. Comprobar el reglaje de los frenos de mando mecánico; o en vehículos con más de 50.000 Km. aunque el mando sea hidráulico.
3. Limpiar el colector del motor de arranque.
4. Aceitar el cuero de la bomba de inflar neumáticos (a).
5. Reponer el nivel del depósito de los frenos hidráulicos.
6. Intercambiar las ruedas entre sí y con la de repuesto, cuando se circule por carreteras con el borde descarnado o sin arcén.
7. Limpiar el depurador de aire.
8. Limpiar el filtro de aceite (aprovechando un cambio de aceite del motor).
9. *Comprobar la ventilación del cárter y limpiar sus válvulas y filtros.*

A. Cada 12.000 kilómetros o ANUALMENTE

1. Cambiar el lubricante del cambio y diferencial (v).
2. Cambiar la materia filtrante del filtro depurador de aceite (si no es de papel).
3. Limpiar y engrasar las hojas de las ballestas (g).
4. Engrasar los cubos de las ruedas delanteras y traseras (g).
5. Reponer lubricante en los engrasadores con depósito (por ejemplo, *los que tienen fieltro engrasante, como en* algunas dínamos, pipa del delco, etc.) Juntas universales (g).
6. Comprobar la alineación del eje delantero.
7. Comprobar el reglaje de los frenos (en vehículos con menos de 50.000 Km.).

B. Cada 24.000 kilómetros o CADA DOS AÑOS

1. Cambiar el aceite del embrague hidráulico, o del Hydramatic (sin lavar), o del convertidor de par.
2. Reponer bujías y contactos del ruptor, si no se hizo antes.

3.2.1. Tareas de un ciclo quincenal

Para alargar la vida del vehículo, conviene hacer de forma sistemática una revisión periódica de forma completa y personalizada, durante un ciclo de quince días, sin hurgar ni desmontar innecesariamente, pero limpiando y vigilando. Lo que no pueda o sepa corregir el conductor, así como las dudas que tenga, debe consultarlas o poner en conocimiento de un servicio especializado.

Las tareas diarias que se citan a continuación son el complemento de los "Cuidados Periódicos".

TAREA 1

MOTOR

A. Con el motor parado, revisar su montaje:

1. Patillas de unión al bastidor.
2. Soporte o muñón delantero de sujeción del motor flotante.
3. Tuercas de sujeción de los apoyos del motor.
4. Todas las palomillas, apoyos y soportes para los diversos mecanismos y aparatos que lleva el bloque motor, apretándolos si es necesario.
5. Sujeciones del tubo de escape y del silencioso. (Los pasadores y arandelas deben ser examinados aunque normalmente no necesitan ser tocados. Obsérvese los espárragos y tuercas mientras funciona el motor, por si se mueven). Recuerde que, al apretar las tuercas, por exceso de apriete puede ocasionar roturas de los espárragos o del fileteado.

B. Con el motor en marcha, observar si hay fugas y revisar:

1. Juntas de bujías.
2. Junta de culata. Apretarla si es necesario y como siempre, ir al taller si persisten defectos no subsanables por el conductor.
3. Juntas del colector de admisión
4. Juntas del colector de escape.

C. Con el motor en marcha:

1. Escuchar los ruidos por si suena algo anormal.
2. Atender a un posible encendido irregular, poniendo el motor a un ralentí rápido; si nota fallos, cortocircuite bujía por bujía con un destornillador; localizado el cilindro defectuoso, limpie la bujía o cámbiela si es preciso.
3. Comprobar el ralentí con el motor caliente, ajustándolo.
4. Observar si salen humos por el escape:
   a) Si son negros, exceso de combustible (revise si el carburador se inunda).
   b) Si son azul pálido, exceso de engrase, o cilindros desgastados.
   c) En tiempo frío y en los primeros minutos de funcionamiento del motor, mientras no se calienten los tubos de escape y silencioso, los gases salen relativamente fríos, y su vapor de agua (formado por la combustión del combustible) se condensa rápidamente al contacto del aire frío exterior, en forma de humos blancos. Cuando motor y silencioso ya se calentaron normalmente deben desaparecer, pero si persistieran, ha de sospecharse una fisura de los cilindros, a los que pasa agua de la refrigeración.
5. Examinar el colector de escape por si hay fugas, y la tubería hasta el silencioso por si existen obstrucciones.

D) Cortar el encendido:
6. Comprobar si la compresión es débil:
   a) Por defectos en las válvulas.
   b) En los pistones (informar de cualquier anomalía encontrada).
   c) En la junta de culata.

(El motor debe estar caliente y el estrangulador abierto).

TAREA 2

SISTEMA DE ENGRASE DEL MOTOR

A. Inspeccionar las juntas:
1. Del cárter.
2. Del tapón de vaciado (habrá manchas en el piso).
3. De la tapa de la distribución.
4. De la tapa de las válvulas.
5. De los racores o empalmes de los tubos de aceite (refrigeradores, depósitos exteriores, filtros, válvula de descarga, manómetro, etc., si los llevan). Cuidado de no retorcer los tubos al apretar las tuercas.

En cualquiera de los casos citados, si hay pérdidas o goteo, deben apretarse las juntas suavemente; si con esto no bastara, se debe de acudir al taller.

B. Inspeccionar las tuberías del aceite por si hay:
1. Roces, perforaciones, picaduras.
2. Cocas o dobleces.

TAREA 3

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

A. Revisar y apretar si es preciso:
1. Radiador y sus tirantes de sujeción.
2. Cierres del capó.
3. Apoyos del radiador.

B. Inspeccionar las juntas de agua y las empaquetaduras, apretándolas, si es preciso:
1. Juntas de brida.
2. Abrazaderas de los racores de goma.
3. Bomba de agua.

C. Comprobar el ventilador y tensión de su correa:
1. Rodamientos del eje del ventilador y del prensaestopas.
2. Holgura entre aspas y radiador, aspas dobladas o rotas; remaches sueltos.
3. Ajustar la correa, si es necesario. Desgaste de las correas y sus poleas.

D. Inspeccionar la circulación, filtros, fugas, etc.:

Si hay válvulas de sobrepresión debe informarse de cualquier defecto que se observe.
1. Repasar el tubo de rebose.
2. Examinar el radiador: fugas, agua sucia y obstrucciones al paso del aire.
3. Asegurarse que trabaja la bomba.
4. Desatascar y limpiar el grifo de vaciado durante la época de heladas.

5. Si hay tiempo, asegurarse del funcionamiento del termostato.
6. Comprobar el termostato.

TAREA 4

ALIMENTACIÓN DE GASOLINA

A. Inspeccionar si hay fugas y ajustar donde se pueda:
1. Carburador inundado.
2. Llaves de paso, grifos de vaciado, uniones y arandelas de fibra.
3. Tubos hendidos, aplastados, doblados o rozados.
4. Costuras del depósito, (el motor debe estar frío).
5. Si hay poco combustible en el depósito, aprovechar para vaciarlo, filtrar aquél por una gamuza, volverlo a echar y, después de ballestear al vehículo, vaciar de nuevo para lavar el depósito de sedimentos y agua.

B. Revisar los montajes de fijación y afirmarlos si es preciso:
1. Tuercas de sujeción del depósito de combustible, abrazaderas, etc.
2. Sujeciones de la bomba, filtros, carburador, etc.
3. Examinar la parte inferior del depósito por si hubiera goteo.

C. Comprobar la libre circulación del combustible:
1. Tubos (ver si hay cocas o dobleces).
2. Revisar y limpiar los filtros de combustible, los coladores de la bomba nodriza y carburador. Limpiar de la nodriza los sedimentos.
3. Funcionamiento de la bomba. Debe tenerse cuidado de no retorcer los tubos al apretar los racores. Las tuercas huecas se rompen fácilmente.
4. Comprobar el funcionamiento del medidor de nivel.

CARBURADOR Y SUS MANDOS

A. Comprobar que cierran y abren bien la mariposa y el estrangulador, y lubricar:
1. Juntas y apoyos del varillaje de mandos a mano y el acelerador de pedal; estranguladores, etc.
2. Ejes de la mariposa y del estrangulador.

B. Inspeccionar el montaje y ajustar o apretar si es necesario:
1. Brida del carburador: junta de unión.
2. Juntas de las tomas de vacío.

C. Limpieza del filtro de aire y de la cuba del carburador:

El conductor no debe variar el juego de calibres de los surtidores o ajuste del carburador.

TAREA 5

ENCENDIDO (POR BATERÍA)

A. Circuito de baja tensión:
1. Inspeccionar el montaje y sujeciones.
2. Examinar contactos del ruptor y limpiar la tapa del delco.

3. Inspeccionar el cableado:
   a) Limpiar los cables de aceite y grasa.
   b) Cortocircuitos, roturas del aislamiento, rozaduras.
   c) Comprobar que todos los terminales están apretados y debidamente asegurados.

B. Circuito de alta tensión:
1. Inspeccionar los terminales y apretarlos si es necesario.
2. Limpiar cables y terminales de aceite, grasas y suciedades.
3. Separar los cables de las partes calientes y de los roces.
4. Examinar y limpieza exterior de las bujías.
5. Comprobar que el avance mecánico y el de vacío, funcionan bien.

C. Limpieza de las tomas de masa.
Apretarlas si es necesario y repasar los "supresores" de la radio (si existe).

TAREA 6

DIRECCIÓN

A. Inspeccionar el montaje y sujeciones apretando si es necesario. (No tocar chavetas, placas de anclaje o enclavamiento de arandelas, a menos que las tuercas estén flojas).

B. Lubricar todas las articulaciones y juntas que trabajen: (Comprobar el nivel del engrase en el cárter de la dirección). Los pivotes deben ser engrasados con más frecuencia si la dirección tiende a endurecerse. El engrase debe efectuarse con el eje levantado por el gato para que el lubricante penetre hasta las caras de empuje de los cojinetes.

C. Inspeccionar todas las articulaciones y cojinetes por si hay desgaste:
1. Soporte de la columna de la dirección.
2. Holguras en las articulaciones de la biela de dirección y barra de acoplamiento.
3. Holguras en los pivotes y bujes.
4. Holguras en los cojinetes de las ruedas.
5. Holguras en el brazo de mando.
6. Bielas o palancas torcidas o dañadas.
7. Examinar el desgaste de los neumáticos delanteros.

TAREA 7

DINAMO Y BATERÍA

A. Inspeccionar el montaje y sujeciones, apretando si es necesario:
1. Tuercas o abrazaderas de sujeción de la dinamo.
2. Ajuste de la correa de la dinamo. Observar su desgaste y el de las poleas.
3. Terminales de la dinamo. Estado del colector y escobillas.
4. Tuerca de sujeción del regulador de voltaje y del disyuntor.
5. Terminales del disyuntor.
6. Observar la carga con el motor girando deprisa; ver si el amperímetro no carga, marca poco u oscila; o si la luz roja no se apaga. (Si hay regulador de voltaje, la intensidad es menor cuando la batería está bien cargada).
7. Limpieza e inspección del cableado entre dinamo y batería.

B. Limpiar los respiraderos de los tapones de la batería. Rellenar los vasos con agua destilada. Limpiar los terminales de la batería y untarlos con lanolina (si no la hay, con vaselina o grasa consistente). Apretar los terminales y limpiar los cables. Si se tiene densímetro, comprobar el estado de la carga.

C. Revisar la sujeción de la batería y sus tomas de masa.

TAREA 8

ARRANQUE Y ALUMBRADO

A. Inspeccionar el montaje y sujeciones del motor de arranque y apretado si es necesario.

B. Limpiar y apretar los terminales. Limpieza del béndix.

C. Inspeccionar todo el cableado, por si hay rozaduras o cortocircuitos, limpiarlo de aceite o suciedades.

Comprobar que el arranque funcione sin ruidos anormales, que no tiene tendencia a agarrotarse y que no falla el engranaje.

D. Inspeccionar:

1. Funcionamiento, soporte y contactos de:
   a) Todas las lámparas, sin olvidar la luz de "pare".
   b) Interruptor de luces y conmutador de cruce (si es de pie, limpiarlo).
   c) Todos los accesorios eléctricos.
2. Todos los terminales atornillados, y apretarlos si es necesario.
3. Fusibles: ver que la caja está limpia por fuera y por dentro.
4. Estado de limpieza y brillo de los conductores. Reglaje de los faros.
5. Repuesto de lámparas y fusibles.

TAREA 9

EMBRAGUE

A. Inspeccionar el montaje y apretar las tuercas.

B. Comprobar:

1. Que el pedal tiene la debida holgura al principio de su recorrido (unos 2 cm.).
2. Que con el motor en marcha y desembragando a fondo, no hay ruidos.

C. Inspeccionar los siguientes puntos por si hay desgaste:

1. Eje del pedal; engrasarlo.
2. Comprobar que trabaja el muelle de retroceso del pedal.

CAJA DE CAMBIOS

Incluidos: reductor y su toma de movimientos; torno o cabestrante, y reenvío al eje delantero (si los hay).

D. Inspeccionar el montaje y sujeciones, apretando tuercas si es necesario.

E. Revisar juntas, y detectar fugas de lubricante apretando si es necesario, en:

1. Tapas y uniones.
2. Tapones de vaciado y de nivel, etc.
3. Pérdidas por apoyos y cojinetes.

F. *Comprobar el nivel de lubricantes* y rellenar si es preciso.

TAREA 10

TRANSMISIÓN

A. *Inspeccionar el conjunto* y afirmar lo necesario:
1. Bulones y tuercas de las juntas universales.
2. Árbol de transmisión, apoyo intermedio y soportes (si los hay). En vehículos de tracción delantera comprobar la hermeticidad de las juntas homocinéticas.

B. *Revisar y engrasar:*
1. Crucetas de las juntas universales. (No engrasar las juntas de tipo flexible).
2. Espigas deslizantes; juntas telescópicas.

C. *Observar si hay desgaste.*

EJES DELANTERO Y TRASERO

D. *Comprobar el nivel de lubricante* y rellenar lo necesario.

E. *Inspeccionar el montaje y trabajar si es preciso:*
1. Todas las juntas por donde hay escapes de lubricantes.
2. Todos los soportes montados sobre las trompetas.
3. Limpiar las ballestas; ver si hay hojas o abrazaderas rotas. (Los cubreballestas, si los hay, no se deben quitar).
4. Comprobar que los pernos capuchinos no están rotos (se nota en el corrimiento de las hojas de ballesta).

F. *Inspeccionar si hay holguras o juegos en engranajes y desgastes en los cojinetes:*
1. Pérdidas de aceite por los cojinetes del piñón de ataque. Comprobar nivel en diferencial.
2. Pérdida por los cojinetes de los cubos de las ruedas. (Ambas se acusan por salpicaduras sobre bastidor y ruedas).

G. *Revisar las ruedas* (radios y llantas), y los palieres (de las cuatro ruedas en caso de propulsión total) levantando cada rueda con el gato y observando las holguras desde la parte inferior del chasis.

TAREA 11

BASTIDOR Y SUSPENSIÓN

A. *Engrasar* (con cuidado para que no pase lubricante a los tambores de los frenos):
1. Gemelas u ochos de las ballestas (no hacerlo en caso de articulaciones de caucho).
2. Bielas de reacción y empuje (si las hay).
3. Juntas esféricas y apoyos de ballestas (si las hay).
4. Todas las demás articulaciones y juntas que tenga el chasis.

5. Amortiguadores. Comprobar el nivel del líquido y rellenar si es necesario. Apretar las sujeciones, y renovar los casquillos de goma si están flojos.

B. Revisar todo el bastidor y los apoyos, pernos y tuercas de sujeción de la carrocería. Apretar donde haga falta.

C. Observar en busca de cualquier avería en la cabina, caja, etc. Aceitar bisagras, cerraduras y todas las partes móviles metálicas.

D. Revisar y apretar el montaje de la rueda de repuesto.

E. Limpieza y revisión de las herramientas, portezuelas, flechas de dirección, etc.

F. Comprobar que el extintor de incendios (si lo hay) está en buenas condiciones.

G. Revisión interior de carrocería y tapizado.

TAREA 12

FRENOS

A. Revisar, limpiar, y si es preciso, engrasar todas las articulaciones, cojinetes, etc. (cuidado de que no pase lubricante a los tambores de los frenos).

B. Inspeccionar el montaje y el apriete donde sea necesario:
1. Apoyos de los ejes transversales intermedios.
2. Todas las palancas y apoyos con tuercas.
3. Ajuste de los tensores, etc.
4. Montaje de los servos de aire a presión o de vacío; bomba hidráulica, etc.
5. Comprobar que trabajan todos los resortes exteriores de recuperación.
6. Revisar la bomba de los frenos hidráulicos y rellenarla si hace falta.
7. Observar si hay fugas por los tubos y sus empalmes e informar.
8. Comprobar el correcto funcionamiento del pedal (que debe tener holgura al comienzo de su recorrido).

C. Revisar y ajustar toda la instalación, observando desgastes.

3.3. Limpieza

El lavado del vehículo conviene efectuarlo al terminar un servicio cuando aún está blando el barro, pues así sale fácilmente, en tanto que si se deja secar hasta el día siguiente se expone a que se raye la pintura o queden manchas en ella.

Si se dispone de agua corriente debe emplearse una manguera, pero evitando que el agua salga con excesiva presión (Fig.1.8), pues ésta tiende a hacer que las partículas de barro y arena rayen el barnizado. No debe usarse agua caliente porque perjudica a la pintura.

En cualquier caso, con manguera o con un cubo, se echa agua a las superficies sucias hasta ablandar y quitar

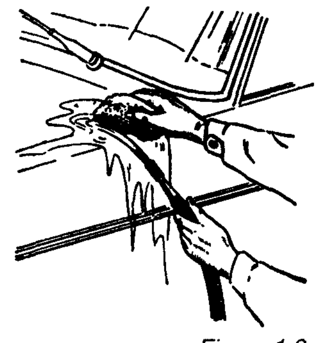


Figura 1.8.

el barro, empezando después a frotarlas con una esponja bien empapada de agua limpia, comenzando en la parte alta del techo (Fig.1.9) y siguiendo la dirección de las flechas. Debe tenerse una esponja para la carrocería y el exterior de las aletas, y otra exprofeso para los bajos, parte interna de las aletas, ruedas, etc. Asimismo se tendrán dos gamuzas, con las que se seca el vehículo a medida que se va lavando, actuando de la siguiente manera: se empapa la gamuza con agua fría antes de usarse, y una vez exprimida se dobla con cuidado para evitar arrugas y se frota con ella la parte lavada, siempre dando los pases que indica la figura 1.9, volviendo a mojar y exprimir la gamuza de vez en cuando.

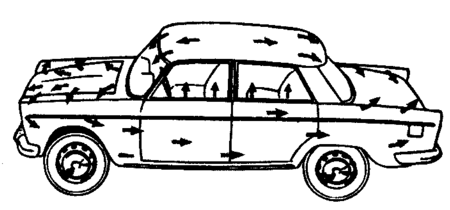


Figura 1.9.

Para ayudar a quitar el barro de la parte inferior del chasis y de las ruedas, puede emplearse un cepillo blando con el que se frotará cuando el barro esté ya reblandecido por el agua, y siempre con un chorro de ésta.

El lavado debe hacerse a la sombra, pues si se seca al sol aparecerán manchones en la carrocería.

En el caso de que la manguera termine en una boquilla metálica, conviene colocarle en su extremo un trozo de tubo de goma que sobresalga un poco para evitar que se raye la pintura.

Si se trata de una carrocería muy sucia, después de ablandar y quitar el barro con la manguera de agua, puede hacerse el lavado con un cubo con agua al que se le añadido jabón neutro.

Si el vehículo está recién pintado se debe lavar frecuentemente durante el primer mes, con abundante agua fría, para que se endurezca el esmalte.

Cuando exista la posibilidad de que el agua penetre en el compartimento del motor, conviene tapar con una gamuza seca la cabeza del Delco, para evitar que se mojen.

Las manchas de grasa o de aceite pueden quitarse con una esponja y agua ligeramente jabonosa, frotando poco y lavando enseguida con abundante agua fría. En los demás casos no conviene usar jabón, pues ataca a la pintura.

Cuando se rueda por una carretera recién alquitranada debe circularse muy despacio, para evitar salpicaduras de alquitrán,

3.4. Cuidados para almacenar un automóvil

Si un automóvil ha de guardarse durante una temporada en la que no se va a usar, hay que prepararlo en forma debida, para que se conserve en buen estado y sea fácil ponerlo en marcha cuando se quiera. Las precauciones que deben observarse son las siguientes:

a) El vehículo debe ser guardado en un local seco, semioscuro, al abrigo de las corrientes de aire, lejos de los tubos de la calefacción o similares.
b) Se vacía y se lava el cárter del motor, rellenándose de aceite limpio. Por la admisión de aire del carburador se inyecta un poco de aceite mientras el motor gira un par de minutos.
c) Se cierran las llaves de paso de gasolina, si las hay.
d) Se vacía por completo el sistema de refrigeración, lavando su interior con abundante agua clara, teniendo el motor en marcha después de vaciado el radiador y antes de volver a poner el tapón de vaciado, para que no quede nada de agua en el interior. El motor se parará por falta de gasolina para tener la seguridad de que no queda nada de combustible en el carburador o tubería de llegada al mismo.

e) Se vacía el depósito de gasolina. La que se saque no debe dejarse en el mismo local que el vehículo, porque en ese caso no sería preciso vaciar el depósito. Hay que tener en cuenta que en caso de incendio es más fácil que el vehículo se salve si no hay materias inflamables en él o en sus proximidades, y la gasolina, por su fácil evaporación, resulta muy peligrosa dejarla en el garaje.
f) Se desmontan las bujías y se vierten por sus orificios un a o dos cucharadas de aceite limpio de motor. Con el cable de encendido desconectado se hace girar el motor con el de arranque durante medio minuto para que ese aceite pueda extenderse por dentro de los cilindros recubriendo sus paredes, culata, válvulas y pistón. Después se colocan las bujías, previamente lavadas en gasolina, secadas y untadas con aceite limpio.
g) La batería de acumuladores debe sacarse del vehículo para que se encargue de su custodia y cuidado el taller. Si esto no es posible se dejará en el vehículo; pero entonces hay que poner todos los meses el motor en marcha durante una o dos horas a régimen un poco acelerado para que el amperímetro marque carga con 5 amperios: Cada vez que se haga esta operación hay que volver a preparar el motor en la forma explicada, por lo que si el almacenamiento del automóvil va a ser prolongado y no se puede recurrir a un taller o a una persona de confianza, se debe hacer lo siguiente: se carga bien la batería y después se vacían los vasos, lavándolos repetidamente con agua destilada para quitar todo resto de ácido, dejándolos al final llenos de agua. Cuando se quiera ponerla en servicio otra vez, se sustituye el agua por el electrolito que se había quitado (conservado en botellas de cristal con tapón de caucho) y se le proporciona una recarga lenta y larga. Después se comprueba con el densímetro la concentración del electrólito, añadiendo ácido para completar la densidad 1,25 a 1,28. No obstante, con este procedimiento la batería solo puede conservarse unos meses.
h) Todas las partes metálicas del chasis y carrocería no pintadas, deben ser frotadas con un trapo impregnado abundantemente de vaselina o aceite. Para quitar esta grasilla al volver a usar el vehículo, basta limpiarlas con unos algodones mojados en gasolina.
i) Deben levantarse las cuatro ruedas, colocando tacos de madera bajo los ejes, desinflando ligeramente los neumáticos. Para un almacenaje prolongado se deben desmontar las cámaras y cubiertas, guardándolas en un sitio seco y oscuro; las primeras algo infladas y ambas espolvoreadas de talco.
j) Se cubrirá el automóvil con una tela para preservarle del polvo. Si no se dispone de un paño lo suficientemente grande, puede improvisarse una cubierta con hojas de periódicos unidas entre sí.
k) Conviene rociar el interior del local con un insecticida para proteger de la polilla al tapizado.

Al volver a usar el automóvil se harán las operaciones necesarias para ponerlo en disposición de servicio; es decir, que después de recargar y colocar en su sitio la batería y de inflar correctamente los neumáticos, se lavará el vehículo, se repondrá agua al sistema de refrigeración y se repostará con gasolina, poniendo a continuación el motor en marcha. Para esto último será conveniente quitar las bujías, limpiarlas y antes de volver a colocarlas, se echa en cada cilindro un poquito de aceite limpio, que se repartirá por su interior, girando el motor con el motor de arranque durante medio minuto con el encendido cortado. Colocadas las bujías, se arranca el motor como se hace normalmente.

3.5. El automóvil en invierno

Aparte de las precauciones ya citadas en los correspondientes capítulos para evitar la congelación del agua y del aceite (uso de anticongelantes) y de la manera de operar para arrancar un motor frío, conviene señalar algunas precauciones especiales.

La batería de acumuladores se somete a mayor trabajo porque los arranques siempre son más "penosos" y se usan más tiempo las luces; por ello debe mantenerse bien cargada, para lo cual puede aprovecharse la llegada de los primeras fríos para revisar y cargar a fondo en un taller, y si acaso retocar el regulador para aumentar el régimen de carga (sólo por un experto).

Cuando un automóvil tiene como generador de corriente una dinamo, al arrancar el motor en épocas muy frías, antes de encender las luces, hay que dejarlo funcionar por lo menos durante un minuto para que se cargue la batería (marcando claramente carga el amperímetro), dejando de esta manera tiempo al regulador de voltaje para que ajuste su propio funcionamiento ante la gran resistencia eléctrica de los acumuladores fríos. Sin esta precaución se corre el riesgo de fundir las bombillas por el exceso de voltaje (sin regular todavía) que recibirán de la dínamo y que no se puede "devolver a la batería" por la razón expuesta de ofrecer mucha resistencia el electrólito, al paso de aquella corriente, cuando está muy frío.

El chasis, sobre todo por su parte inferior, después de lavada y seca, se debe de petrolear, es decir, rociar con petróleo o gasoil lanzado en chorro de aire; si esto no se pudiera hacer, se deben frotar ligeramente con aceite todas las partes metálicas no pintadas.

El aceite del motor se dijo que debe ser más fluido en invierno que en verano; el momento de cambiar de clase es poco antes de comenzar las heladas, salvo que se use aceite multigrado.

El parabrisas se suele empañar con el frío porque el vapor de agua del aire del interior del vehículo, que está más caliente que el del exterior, se condensa sobre el cristal frío. Hay dos procedimientos para contrarrestar esta contrariedad: uno es abrir una ventanilla ligeramente; el otro es calentar el cristal, con lo que también se evita la formación de hielo y la permanencia de la nieve, mediante un chorro de aire caliente convenientemente dirigido[2].

4. INVESTIGACIÓN DE AVERÍAS

Un automóvil bien cuidado no proporcionará contratiempos serios al conductor, pues toda avería que pueda provenir del desgaste natural del mecanismo se "anunciará" con tiempo, y casi siempre con ruidos que aprenderá a distinguir el conductor a poco que se fije en el vehículo que acostumbra a conducir.

Cuando aparezcan ruidos anormales debe empezarse por probar si es debido a la carrocería, portezuelas, capó flojo, parabrisas, palanca del cambio y guardapolvo que suele llevar en su parte inferior, aletas flojas, salpicadero, silencioso, ventilador, piñón de béndix suelto, cables o varillas del salpicadero que rozan en sus apoyos, etc., para lo cual se sujetarán todas las tuercas de fijación de los distintos elementos, colocando taquitos de goma (trozos de cámara vieja) entre las piezas que tengan holgura indebida.

Los ruidos que proceden de avería del mecanismo propiamente dicho, averías interiores, roturas, son característicos y un mecánico experto debe diferenciarlos, por lo que cuando surja este "ruido desconocido" se debe acudir a un buen taller[3] o conductor muy acreditado en busca de ayuda para investigar la causa. Lo que nunca debe hacerse es dejar el vehículo rodar kilómetros sin preocuparse del ruido "anormal". Muchas veces sucede que no tiene gran importancia y puede seguirse rodando cientos de kilómetros sin recurrir a un gran reparación, pero hay ocasiones en las que debe acudirse sin perder momento a remediar la causa, pues si no se expone uno a sufrir una avería muy grave y costosa.

Esto no quiere decir que el vehículo se esté llevando a cada paso al taller: la aprensión es tan nociva para las personas como para los automóviles. El conductor debe esmerarse

en el cuidado del vehículo siguiendo los preceptos de este MANUAL, atendiendo a sus síntomas en la medida de sus conocimientos y consultando el libro del vehículo; cuando no consiga conocer por sí mismo el diagnóstico, no sepa o no pueda aplicar el remedio, debe acudir al experto o al taller en la forma dicha.

En resumen:

1.° No se debe hurgar innecesariamente o con ignorancia en los mecanismos del vehículo.
2.° No se debe meter el vehículo en el taller a cada paso sin conocimiento de su necesidad.
3.° Cuídese el automóvil con todo esmero y atiéndase inmediatamente a sus pequeñas reparaciones.
4.° Si se precisa llevarlo a un taller, búsquese el mejor posible.

En cuanto a los contratiempos que suelen presentarse en el uso normal, nada más desagradable para el conductor que confesar su impotencia ante una avería desconocida, a lo mejor remediable en el acto si conociese el mecanismo que lleva entre manos; ni nada más perjudicial para el vehículo que un tantear a ciegas, desarmando y enredando desordenadamente en todas partes sin conocimientos para ello. En ambos casos, la situación del conductor es desairada, y si es profesional resulta un doloroso descrédito de su capacidad.

Para evitar que un vehículo se quede en la carretera por una avería susceptible de ser reparada en el momento y para que el automovilista tenga una guía que le oriente en el modo de buscar el origen del contratiempo, se dan a continuación unas *normas esquemáticas* del orden en que deben hacerse las investigaciones, revisando los diferentes órganos y haciendo las comprobaciones en la forma que se previene para cada clase de avería en los capítulos correspondientes del texto. Aquí se da sólo una indicación de la causa y del sitio donde debe irse a buscar ésta; el medio de conocerla y repararla se encontrará en los capítulos citados.

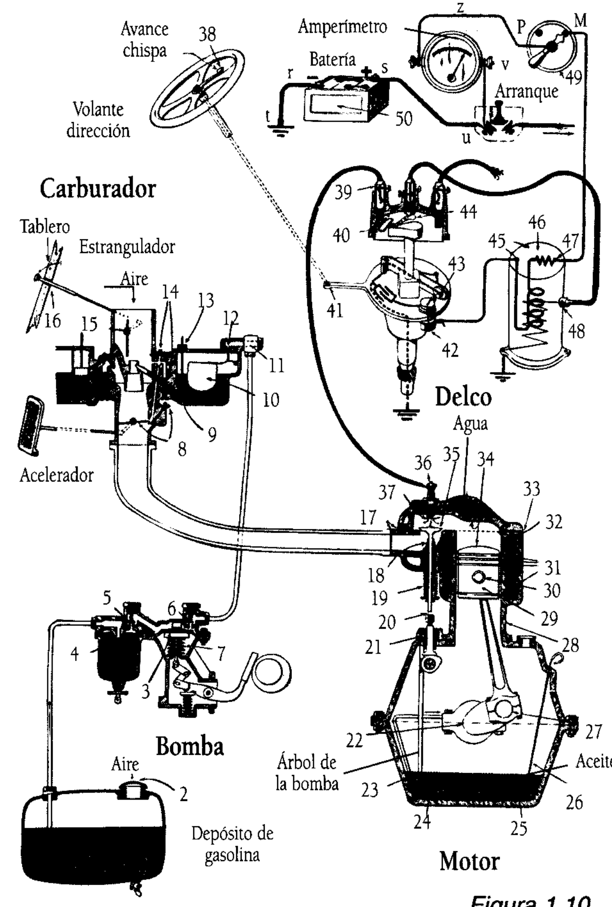


Figura 1.10.

Conviene seguir el orden de investigación que se marca en cada caso, no por creerlo perfecto, sino porque el adoptar un método de investigación, aunque se crea deficiente, vale siempre más que no tener ninguno y andar saltando del carburador al encendido o de la bomba de gasolina a la batería sin orden ni concierto.

Algunas causas de averías parecerán pueriles: falta de gasolina, encendido cortado. No se crea tal cosa; precisamente por parecérselo así bastantes conductores han desmontado medio automóvil sin encontrar la causa de su parada intempestiva, que no era otra que alguna de las señaladas. En plena marcha, la llave del encendido puede moverse accidentalmente y dar lugar a la parada del motor. Por eso debe ser la primera a mirar.

A continuación se señalan los contratiempos más frecuentes. Los números (7, 29, etc.) y las letras minúsculas (r,s,t,u,v,x,z) señalan la avería en la figura 1.10, que representa un corte de motor con encendido por batería y alimentado por bomba aspirante.

Las letras mayúsculas corresponden a la figura 1.11.

4.1. El motor se resiste a girar con la manivela o motor de arranque

1. La palanca del cambio K no está en punto muerto.
2. O bien:
   a) La manivela A o el extremo del cigüeñal están averiados.
   b) Ver "Averías del arranque".

Si no funciona el arranque eléctrico y no dispone el vehículo de manivela o ésta se halla averiada, puede arrancarse el mismo empujándolo o dejándolo caer por una pendiente, llevando metida la segunda o tercera velocidad (nunca en primera o marcha atrás) y con el motor desembragado. Cuando el vehículo ya alcance cierta velocidad, se embraga suavemente y el motor arrancará si no tiene avería. Si no es posible remolcarlo, empujarlo o no hay pendiente (como ocurre en el caso de encontrarse sólo el conductor en llano o en cuesta arriba), se levanta un rueda trasera con el gato, se calza fuertemente la otra y, dejando metida la directa, se girará rápidamente la rueda levantada en el sentido de la marcha. Si así arranca el motor; se pone el cambio en punto muerto y después se quita el gato.

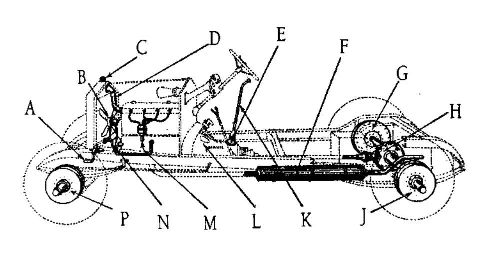


Figura 1.11.

3. Segmentos pegados (31). En tiempo frío, especialmente después de una parada larga, si el grado de viscosidad del aceite no es el apropiado, se espesa tanto que forma una pasta pegajosa la cual puede llegar a pegar los segmentos al cilindro. Se remedia echando unas gotas de petróleo por los orificios de las bujías.

Por la misma razón los engranajes de la caja de cambios ofrecen una resistencia grande al giro. Es aconsejable, por tanto, que para arrancar el motor se desembrague a fondo.

4. El agua de la bomba N está helada. En tiempo frío deben aplicarse algodones o trapos empapados en agua caliente en el exterior de la bomba, si se nota resistencia al giro y no es debida a las causas anteriores.
5. Si desembragado gira el motor, la avería estará en el cambio de velocidades E.

4.2. El motor puede girar, pero no funciona bien

EL MOTOR NO ARRANCA (O SE PARA DE REPENTE):
- Contacto del encendido en posición de parada, 49.

La gasolina no llega a la cuba:
- No hay gasolina, 1.
- Agujero del tapón del depósito obstruido, 2.
- Válvula de aguja pegada en su asiento, 12.
- Tuberías, filtros o válvulas obstruidos, 11-4-1.
- Bomba aspirante averiada, 7.
- Si la bomba o tubería de llegada están calientes, pueden haberse formado burbujas de vapor que impiden el paso de gasolina ("vapor lock"): enfriar aquéllas.

La gasolina llega a la cuba:
- Con el motor frío debe estar cerrado el aire en el momento de arrancar[4], 16-15.
- Carburador inundado, 10. Si se ha "ahogado" por haber cerrado el estrangulador en exceso, manténgase el acelerador pisado a fondo mientras se arranca, con el estrangulador totalmente abierto.
- Carburador sucio o con agua, 10.
- Surtidores obstruidos, 9-14.
- Entradas de aire indebidas, 14.
- Agujero de la cuba obstruido, 13.

Encendido por batería:
- Batería descargada, 50.
- Resistencia quemada, 46.
- Cables y conexiones (t-r-s-u-v-p-z-49-47-46-45-42) de la batería al ruptor, sueltos o en mal estado.
- Distribuidor sucio o averiado, 40-44.
- Ruptor en mal estado, 43.
- Bobina en corto circuito (sucia por el exterior) o quemada, 45-47-48.
- Cables de las bujías cambiados, 36-39.
- Cambio de polaridad en la bobina, 45-47.
- Defecto de compresión.
- Escape obstruido, F.
- Avería mecánica de motor.

Encendido por magneto:
- Véanse las "Averías del encendido por magneto".

EL MOTOR FALLA:
- Cable de bujía suelto (en la bujía o en el distribuidor) o roto, 36-39.
- Bujía engrasada, 37.
- Electrodos de bujía juntos o en cortocircuito, 37.
- Puntas de bujía muy separadas, 37.
- Porcelana de bujía rota o sucia, 36.

- Carburador inundado, 10.
- Agua o suciedad en el carburador, 10.
- Surtidores obstruidos, 9.
- Filtros sucios o llave de gasolina poco abierta, 4-11. En estos tres últimos supuestos suelen notarse explosiones al carburador.
- Bomba de gasolina con membrana averiada, 3.
- Distribuidor sucio, 40.
- Escobilla en mal estado, 44.
- Ruptor sucio o desreglado, 43.
- Los cables y conexiones de la batería al encendido (t-r-s-u-v-x-z-47-45-42) están flojos o hacen contacto a masa.
- Taqués mal reglados, 20.
- Taqué o cola de válvula agarrotados, 21-18.
- Muelle de válvula débil o roto, 19.
- Válvula rota, 35. Estas averías en las válvulas de admisión suelen dar lugar a explosiones al carburador.
- Cambio de polaridad en la bobina, 45-47.

EL MOTOR PIERDE POTENCIA. (EL VEHÍCULO TIRA POCO):
- Poco avance al encendido, 41. (Ver si funcionan los contrapesos).
- Frenos apretados, P. (Los tambores se calientan; no fiarse de la posición de la palanca del freno de mano).
- Falta de agua, C.
- Falta de aceite, 26-25.
- Bujías defectuosas o con fugas, 37. (El motor se calienta en estos tres últimos casos).
- Filtro de aire (si es de papel), sucio.
- Taqués mal reglados, 20.
- Muelles de válvulas rotos o débiles, 19.
- Auto-encendido, 37.
- Cambio o diferencial sin aceite E y H.
- Embrague patina. L (motor gira deprisa y vehículo despacio).
- Tubo de escape o silencioso sucios, F.
- Aceite inadecuado (más espeso o fluido de lo debido), 25.
- Gasolina de mala calidad, 1.
- Fugas en la culata, 32-33.
- Segmentos gastados o mal colocados, 31.
- Bloque desgastado o averiado, 28. (Poca compresión en estos tres últimos casos).
- Mal reglaje del carburador, 9.
- Distribución mal reglada.

EL MOTOR SE CALIENTA:
- Encendido retrasado. (Si el avance es automático, se miran al final los contrapesos, resortes y el avance por vacío), 38-41.
- Falta de agua, C.
- Falta de aceite, 26-25.
- La correa del ventilador patina, se salió de las poleas o está rota, B.
- Aceite sucio, 25.

- Bomba de agua averiada, N. (Véase por el orificio de llenado C, si circula).
- Bomba de aceite averiada, 24.
- Radiador y conductos de agua sucios.
- Conductos de aceite obstruidos, 23.
- Falta de compresión.
- Cabeza de delco mal calada, M.

EL MOTOR GOLPEA. (Véase el apartado 4.4 a continuación):
- Exceso de avance al encendido, 38-41. (Las bielas suelen "picar").
- Motor muy caliente (auto-encendido).
- Bujía que no funciona, 37.
- Correa del ventilador, B. (Quítese para comprobar).
- Taqués mal reglados, 20, especialmente los de escape. (No confundir con el golpeo de pie de biela).
- Exceso de carbonilla, 34. (Se nota al subir apurado las cuestas).
- Ventilador roto, B.
- Culata floja, 33-32-17.
- Holgura de cabeza de biela, 27. (Con el vehículo parado, al acelerar bruscamente el motor en vacío se oye un ruido de golpeo grave y sordo, de campana).
- Holgura de pie de biela, de bulón, 30. (Se oye en ralentí un ruido metálico, claro, como un chasquido. No es síntoma grave, si no es intenso).
- Biela fundida. (Ruido de fuerte golpeo, 27).
- Holgura de los cojinetes del cigüeñal, 22.
- Segmentos rotos, 31.
- Pistón roto, 29.
- Engranajes de la distribución.
- Gasolina de mala calidad (detonación); ruido de martilleo metálico, sobre todo al acelerar a medios gases. (Retrasar un poco el encendido).

Cuando se emplean pistones de aluminio, al poner en marcha un motor frío se oye un golpeo que desaparece al calentarse normalmente el bloque, y que no tiene importancia.

Es producido por la mayor holgura en frío de los émbolos de aluminio.

EXPLOSIONES AL CARBURADOR:
- Carburador sucio o con agua, 10.
- Surtidores obstruidos, 9.
- Llave de gasolina poco abierta o filtros sucios, 4-11. (En estos casos el vehículo, en carga, no tira con el acelerador a fondo).
- Muelle de válvulas de admisión débil o roto, 19.
- Delco mal calado; encendido muy retrasado, 38.
- Carburador mal reglado, 9.
- Taqué o cola de válvula agarrotados, 21-18.
- Válvula rota, 35.
- Entradas de aire indebidas (unión del tubo de admisión al bloque, guía de válvula, eje de la mariposa, etc.). 17-18-8.
- Auto-encendido.
- Membrana de la bomba de gasolina rota, 3 (o sus válvulas mal, 5-6).

EL MOTOR PETARDEA. (Explosiones en el escape):
- Una bujía falla, 36.
- Ralentí demasiado rico, 8.
- Encendido demasiado retrasado, 38.
- Falta de holgura en el taqué de una válvula de escape.
- Cierra mal una válvula de escape, por el mal asiento o vástago agarrotado.
- Cables de bujías cambiados, M.

El "petardeo" bajando cuestas con los gases cerrados no es síntoma de cuidado, a no ser que sea excesivo.

EL MOTOR NO TIENE BUEN RALENTÍ. (No gira, o lo hace muy deprisa):
- Surtidor de marcha lenta, o compensador, obstruidos, 14.
- Mal reglaje del tornillo que limita el cierre de la mariposa o posición de ralentí de acelerador, 8.
- Exceso de avance al encendido, 38.
- Distribuidor de encendido en mal estado, 40.
- Entradas indebidas de aire (juntas de tuberías no estancas, etc.) 8-17.
- Cola de válvulas con juego, 18.
- Válvulas en mal estado, 35.
- Si el automóvil lleva limpiaparabrisas que funcione por el vacío de la tubería de admisión repasar el tubito de mando, por si se ha soltado o agrietado, presentando una entrada de aire que desarregle el carburador.
- Cambio de polaridad en la bobina.

4.3. Excesivo consumo de gasolina

(Véase este apartado en "Averías de la Carburación").
- Calibres de los surtidores demasiado grandes o falseados, 9, 14.
- Encendido retrasado (o no funcionan el de contrapesos o el de vacío), 38.
- Flotador demasiado alto en la cuba, 10.
- La aguja mandada por el flotador no cierra bien, 12.
- Estrangulador que no abre del todo, 15.
- Falta de compresión (desgaste de pistones, segmentos, cilindros), 29-31.
- Exceso de carbonilla, 34-35.
- Filtro de aire sucio.
- Frenos que rozan en los tambores.
- Eje delantero desalineado.
- Bomba de alimentación con demasiada fuerza, 7.
- Defectos en la distribución (válvulas y taqués).

4.4. Interpretación de los ruidos del motor

(Los números entre paréntesis corresponden a la figura 1.12).

Muchos de los ruidos del motor tienen una nota característica que permite diagnosticar a "oído" la causa o avería que los produce.

A. Un "cliqueteo" metálico, seco y claro como el entrechocar de bolas de billar o perdigones agitados dentro de una botella, es el sonido típico del "picado" de bielas, acentuado al acelerar, sobre todo cuando el motor va apurado. Las causas pueden ser:

a) Exceso de avance al encendido (véase si no funciona el "retroceso automático por vacío" en los motores que llevaban este dispositivo: Ford).
b) Detonación a causa de la mala calidad de la gasolina (poco octano) que obligará a:
1. Dar menos gases; cambiar a otra marcha inferior para mantener el motor rápido y con poca carga.
2. Retrasar el encendido (en los motores con retraso por vacío, comprobar que funciona).
3. Enriquecer la mezcla (cerrar ligeramente el estrangulador; surtidores mayores).
4. Disminuir la compresión (junta de la culata más gruesa; pistones rebajados).

Si con los remedios 1 y 2, sobre la marcha, no se consigue que desaparezca en el acto "el cliqueteo", debe sospecharse el exceso de carbonilla (c) o el autoencendido (d). El remedio 3 (cierre ligero del estrangulador) sólo se aplicará momentáneamente; la colocación de calibres mayores únicamente se hará si se llevan puestos calibres menores de los normales, o se pone el número inmediatamente superior a estos si el motor es de alta compresión, previsto para gasolina "premium" de más octano que la de uso general. En este caso puede aplicarse mejor el remedio 4.

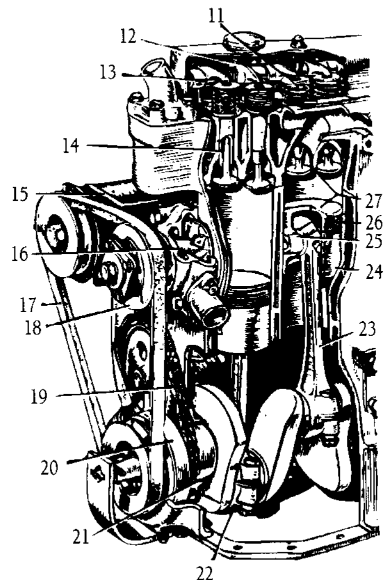


Figura 1.12.

c) Exceso de carbonilla (27); los síntomas son iguales y los remedios momentáneos análogos al grupo anterior (b). Debe examinarse la culata para su limpieza antes de aplicar equivocadamente los remedios 3 ó 4.
d) Autoencendido a causa de partículas incandescentes de carbonilla o alguna punta metálica (como bujías inapropiadas por estar demasiado calientes o viejas) en la cámara de explosión: se nota en que, al cortar el encendido, el motor sigue girando unos momentos. Muchas veces el "cliqueteo" va acompañado de golpes de sonido más sordos y menos agudos que aquél.

B. Un tableteo ligero, sucesión rápida de ruidos secos y claros como producidos por el entrechocar de tabletas de madera, puede ser debido a:
a) Holgura de los pistones (24): si se produce con el motor frío, se acentúa al acelerar y desaparece al calentarse, es natural y no tiene importancia, pues las cabezas de aluminio de los pistones, como se dilatan con el calor más que la fundición del bloque, han de tener en frío la holgura que produce ese ruido, y durante el cual no debe apurarse el motor.
b) Bulón flojo (25); se diferencia esta causa acelerando el motor en vacío y soltando de repente el pedal: entonces el ruido se destaca y hace claro mientras el motor baja al ralentí. El sonido de golpeo metálico agudo. Puede seguirse con el vehículo, pero no conviene aplazar demasiado la reparación. Puede ser debido a biela torcida (23). Para localizar el cilindro se pone el motor a un ralentí bastante acelerado y se van cortocircuitando las bujías con un destornillador; el golpeo se hace más fuerte y evidente cuando alivia el émbolo de la presión de las explosiones.
c) Pistones (24) con holgura permanente (ruido más bien hueco, de ligero campaneo, más pronunciado al acelerar y que tiende a desaparecer cuando el motor apenas tira casi sin

gases), o segmentos (26) gastados, flojos en las gargantas del pistón, producen este tableteo que, generalmente, va acompañado de un ligero silbido causado por la mezcla que escapa al cárter en las carreras de compresión; se percibe mejor dando vueltas al motor con la manivela, debido a que el giro del motor se hace suave por la falta de compresión, que se podrá determinar con precisión quitando las bujías y midiendo la compresión de los cilindros con un manómetro, volteando el motor con el arranque eléctrico. Con el motor en marcha habrá salidas de vapores de aceite por el respiradero, al aumentar la presión en el cárter con el escape de gases entre los pistones y las paredes de los cilindros.

d) Un segmento roto: se percibirá un clic o rechino agudo en ralentí y al acelerar. Al dar vueltas al motor con la manivela, se notará la falta de compresión en el cilindro correspondiente.

C. Un "triquiteo", sucesión rápida de golpecitos ligeros y secos, es causado por:

a) Un excesivo juego en uno o varios taqués (12). Si el ajuste de su holgura no lo remedia, véase si los taqués están rehundidos por el uso (figura 2.41-1ªParte).

b) Huelgo excesivo en las guías de las válvulas (14), por desgaste. Esta causa acentúa el ruido de la anterior.

D. Una cabeza de biela (22) desgastada, con demasiada holgura, produce un "tapeteo" (tap-tap de golpe reiterado con sonidos menos agudos que el tableteo, como un martillo percutiendo ligeramente sobre madera dura, pero con tono metálico) que, en marcha, se oye sólo cuando el motor gira con pocos gases sin carga; al pisar un poco el acelerador y tirar el motor, el ruido disminuye apreciablemente. El adecuado uso del acelerador hace que casi desaparezca permitiendo terminar el viaje o proseguirlo hasta llegar a un taller.

No debe descuidarse este síntoma, pues aparecida la holgura tiende a aumentar rápidamente. Se localiza el cilindro poniendo el motor en marcha con el vehículo parado; se van cortocircuitando las bujías con el destornillador: al hacerlo en la correspondiente a la biela averiada, el ruido de golpeo grave y sonoro de campana, se hará más débil e incluso podrá dejar de percibirse.

La biela fundida produce un golpeo del tono citado, pero fuerte, más acusado al levantar el pie del acelerador. Hay que parar en seguida, aunque en caso de apuro se podría continuar viaje despacio quitando la bujía del cilindro correspondiente para que esa biela no sufra esfuerzo de trabajo. Este remedio, en caso de biela fundida, es una "chapuza" de última urgencia (mejor sería desmontarla, sacando también el pistón; pero ello requiere ser mecánico práctico, disponer de un bandeja para recoger el aceite y una parada bastante larga): sin embargo, como la biela, antes de fundirse, suele avisar su creciente holgura durante un breve espacio de tiempo con ruidos, un conductor atento a aquellos puede ponerlo en ejecución antes de que se acaben de triturar o fundir los casquillos de antifricción.

E. Golpeo apagado sordo, como de "duro sobre blando", que aumenta con la carga y al acelerar: es producido por la holgura de un apoyo de cigüeñal (21). Para comprobarlo con el motor parado se mete directa, se frena a fondo y se embraga poco a poco a la vez que se acelera ligeramente: el ruido se acentúa, sobre todo si es el apoyo trasero. Tiende a desaparecer al retrasar el encendido. Puede localizarse el apoyo cortocircuitando las bujías del o de los circuitos adyacentes, pues el ruido disminuye o deja de percibirse al suprimir el esfuerzo de las explosiones más cercanas.

Si el apoyo flojo es el trasero, bombea aceite hacia el embrague; si es el delantero (21), hacia la distribución. Es más probable la avería del trasero; el goteo de aceite al suelo, desde el cárter del embrague, denuncia un apoyo desgastado, aparte del ruido ocasional.

F. El engranaje de la distribución (19) produce un zumbido o ronroneo agrio, metálico, desde la parte delantera del motor, por desgastes de los piñones o sus cojinetes. Si hay cadena y se halla floja, se nota un ruido sordo y prolongado con el motor en ralentí o en la aceleración. No se altera al cortocircuitar las bujías. Si hay tensor, el defecto no debe de ser de la cadena, salvo que ésta se halle tan desgastada como los dientes de los piñones.

G. Un "cliqueo" ligero, más tenue y cercano que el de la detonación, a veces acompañado de zumbido de roce, puede provenir del cable de velocímetro: engrasarlo, asegurar la entrada en el cuentakilómetros y cuidar que no haga codos.

H. Un "cliqueo" ligero, suave pero regular, puede provenir del distribuidor o de las escobillas de la dinamo.

I. Un "tap-tap" regular, al virar el coche, es síntoma de poco aceite en el cárter, que deja la bomba vacía. Si hay manómetro, oscilará la aguja.

J. Si los apoyos del árbol de levas están flojos, se oirá un ligero y regular golpeo con el motor caliente; en frío, no es probable.

K. Si los apoyos del eje de balancines (13) o los ejes de estos tienen holgura se produce un rápido y constante martilleo que aumenta con las revoluciones del motor cualquiera que sea la posición de la mariposa de gases.

L. Un "cliqueo" a partir de determinada velocidad de rotación puede ser debido a la rotura de un muelle de válvula (11) y puede oírse cómo ésta golpea en su asiento.

M. Los elementos auxiliares del motor también causan ruidos a veces alarmantes. Los cojinetes de la dínamo (15), secos o flojos, y los de la bomba de agua (16) producen más bien chirridos continuos. Se localizan quitando la correa del ventilador (17,18), que suele mover ambos mecanismos.

Si la correa 17 está dañada en algún sitio, causará un ruido intermitente que aumenta con la velocidad de rotación; es fácil de ver.

El roce de la leva del ruptor puede dar un leve y agudo chirrido que se corrige untándola ligeramente con vaselina.

Por último, el dámper (20) puede haberse aflojado, pero ésta es una causa improbable.

4.5. Interpretación de las reacciones del volante

(Véanse "Averías en la dirección").

- El volante gira con menos facilidad que de ordinario; ruedas delanteras poco infladas; falta de engrase; vehículo muy cargado.
- En adoquinado vibra sensiblemente; exceso de presión en los neumáticos delanteros; carga excesiva (pavimento en mal estado).
- Vibraciones al frenar en curvas: amortiguador delantero defectuoso del lado exterior del viraje; ballesta de este lado en mal estado.
- Fuerte vibración al frenar en recta: comprobar la alineación del eje delantero y el estado de la suspensión.
- Si en marcha sobre buen pavimento asfaltado, se percibe una suave vibración, como de golpeteo leve y rápido: una rueda delantera está desequilibrada.

- El volante tira a un lado: rueda delantera floja en ese costado (bombeo muy pronunciado de la carretera); viento fuerte de costado; neumáticos desigualmente gastados; rueda ligeramente frenada (ver si el tambor se calienta); carga mal repartida; mangueta falseada (comprobar la alineación del eje).

Complemento interesante de este apartado sobre "Investigación de Averías" es el apéndice titulado "La Compra de un Automóvil Usado" que más adelante se inserta en este libro.

5. ACCESORIOS

Los accesorios que se describen a continuación en forma de herramientas o repuestos, no tienen que formar parte en su totalidad del equipo de mantenimiento de un conductor, y menos si éste no tiene los conocimientos suficientes de mecánica. Aunque alguno de ellos pueda parecer muy "superfluo", se cita porque en algún caso en concreto puede ser necesario.

La importancia de cada uno de ellos depende de la habilidad del conductor, y en otros casos recae sobre la repercusión positiva que puedan tener sobre la seguridad de la circulación.

5.1. Herramientas

Para que el conductor pueda llevar a cabo el entretenimiento de su vehículo y efectuar pequeñas reparaciones (siempre que posea los conocimientos suficientes), precisa disponer de un juego de herramientas que a título de ejemplo puede ser similar al que se detalla en la figura 1.13, aunque normalmente le bastará con la que se cita a continuación:

- Gato "chato" para debajo del chasis.
- Llave inglesa.
- Destornillador grande.
- Alicates.
- Punzón.
- Lámpara portátil protegida por una malla metálica.
- Llaves de varias formas y tamaños para los diferentes órganos del automóvil.

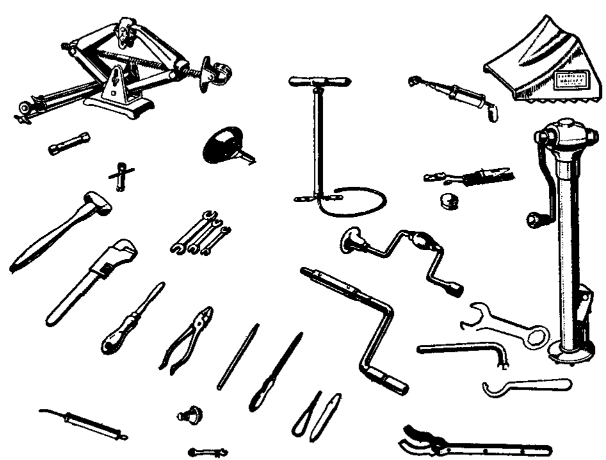


Figura 1.13.

- Llave de ruedas.
- Cortafríos.
- Destornillador pequeño.
- Lima (conviene tener otra redonda y fina, de las llamadas "cola de ratón").
- Extractor de ruedas. Se emplea para extraer los cubos de las ruedas y con ellos los tambores de los frenos: se quitan el tapacubos, el pasador, la rueda de sujeción y las arandelas, y sobre la rosca en que iba el tapacubos se fija esta herramienta; después se aprieta el tornillo con cabeza seisavada, y al apoyarse por el otro extremo en el eje hace que se desprenda el cubo. Durante esta operación los frenos no deben estar apretados.
- Cuña para calzar al vehículo en pendientes.

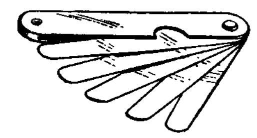


Figura 1.14.

Además de las herramientas señaladas deben tenerse también unas tijeras, una aceitera pequeña con aceite fluido, un bote con grasa, unas tenazas para cortar alambre, y poseer un juego de láminas calibradas (Fig.1.14) para hacer el reglaje de taqués, entre otras.

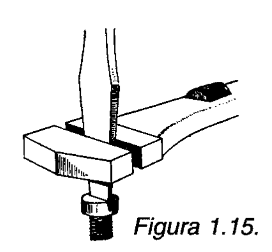


Figura 1.15.

Una vez al mes, por lo menos, se deben limpiar, aceitando sus ejes con una gota de aceite fluido.

Cuando resulte difícil obligar a girar a un destornillador, para hacer más fuerza se emplea la llave inglesa en la forma que se ve en la figura 1.15. Con una llave fija puede obligarse a una tuerca más pequeña, como indica la figura 1.16.

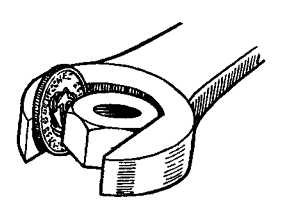


Figura 1.16.

5.2. Repuestos

Además del equipo de herramientas, conviene llevar en el vehículo un "pequeño repuesto" de elementos que sirvan para una reparación en carretera, en caso de realizar un largo recorrido de varios centenares o miles de kilómetros por zonas en las que no sea previsible el auxilio de un taller mecánico. Los más necesarios pueden ser los siguientes:

- Papel de lija fino.
- Cinta aislante.
- Un paquete de parches rápidos.
- Bombillas de las clases usadas.
- Obuses de válvula de neumático.
- Una llave del vehículo, de repuesto.
- Un trozo de tubo de tela cauchutada cuyo diámetro interior será ligeramente inferior al exterior del tubo que lleva la gasolina al carburador, para reparar provisionalmente una rotura de aquél.
- Dos bujías nuevas, o usadas, pero limpias y regladas.
- Cadenas para la nieve (por lo menos para las ruedas propulsoras).
- En previsión de un incendio debe llevarse un extintor de tamaño apropiado.
- Unas lentes de repuesto, si se está obligado a llevarlas para conducir.

Todos estos repuestos se llevarán cuidadosamente empaquetados y protegidos, en bolsas o cajas.

5.2.1. Repuestos obligatorios, según la categoría del vehículo

Los vehículos de motor, circulando por las vías públicas y según el Código de la Circulación, deben de llevar un equipo de accesorios, repuestos y herramientas, dependiendo del vehículo de que se trate y del servicio a que esté destinado, de forma que puedan sus conductores reparara alguna avería o emergencia que se les presente durante la marcha. Así:

Los turismos:
- Un juego de lámparas en buen estado.
- Una rueda completa en orden de servicio (rueda de repuesto).
- Herramientas indispensables para el cambio de lámparas y ruedas.
- Dispositivos de preseñalización de peligro.
- Chaleco reflectante de alta visibilidad.

Los camiones y autobuses:
- Las mismas que los turismos.
- Dos bujías de repuesto y un juego de platinos (vehículos con gasolina o G.L.P.).
- Un extintor de incendios adecuado y eficaz.
- Un juego completo de correas para el equipo motor.
- Un calzo adecuado al tipo de vehículo.
- Una lámpara portátil con cable de conexión a la batería o con pilas en buen estado.
- Un rollo de cinta aislante o plastificada.
- Un juego de manguitos de goma para el radiador.
- Herramientas para el cambio de correas, manguitos, etc.

El Real Decreto 1428/2003, de 21 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento General de la Circulación para la aplicación y desarrollo del texto articulado de la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo, introduce los siguientes cambios:

- Se cambia la denominación de *Vía Rápida* por *Vía para automóviles*. Vía reservada para la circulación de automóviles, con una sola calzada y con limitación total de acceso a las propiedades colindantes y señalizada como tal (S-3 y S-4).
- Se diferencia Vía Interurbana y Carretera.
    - *Vía Interurbana.* Toda vía pública situada fuera de poblado.
    - *Carretera.* Vía pública pavimentada, situada fuera de poblado, salvo los tramos en travesía.
- Se modifican definiciones:
    - *Autovía.* Carretera especialmente proyectada, construida y señalizada como tal, que tiene las características:
        - Limitación de propiedades colindantes.
        - No la cruza ninguna otra vía a nivel, ni senda.
        - Distintas calzadas para cada sentido, separadas entre sí, salvo puntos singulares o con carácter temporal, por una franja de terreno no destinada a la circulación, o por otros medios.
    - *Carretera convencional.* Toda carretera que no reúne las características propias de las autopistas, autovías y vías para automóviles.

- *Travesía.* Tramo de carretera que discurre por poblado. No tendrán consideración de travesía aquellos tramos que dispongan de una alternativa viaria o variante a la cual tiene acceso la travesía.
- *Vía urbana.* Toda vía pública situada dentro de poblado, excepto las travesías.
- *Glorieta.* Es un tipo especial de intersección caracterizado porque los tramos que en él confluyen se comunican a través de un anillo en el que se establece una circulación rotatoria alrededor de una isleta central. No son glorietas las denominadas partidas, en las que los dos tramos, opuestos generalmente, se conectan a través de la isleta central, por lo que el tráfico pasa sin rodeo.

5.2.2. Señales de los agentes:



Brazo levantado verticalmente
Obligación de detenerse todos los vehículos



Brazo o brazos extendidos horizontalmente
Deben parase aquellos a quienes el agente vea de frente o dé la espalda



Brazo extendido hacia abajo, inclinado y fijo
Indicación para detenerse en el lado derecho



Balanceo de una luz roja o amarilla
Deben detenerse los usuarios de la vía hacia la que el agente dirige la luz



Luz roja o amarilla, intermitente o destelleante hacia delante
El vehículo que precede al del agente debe detenerse en el lado derecho, delante del vehículo oficial



Bandera roja
La calzada queda temporalmente cerrada al tráfico



Bandera verde
La calzada queda de nuevo abierta al tráfico



Bandera amarilla
Atención, algún peligro próximo

Ciclistas:

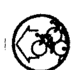

Podrán circular en paralelo de dos, en fondo o en fila sin separación


En autovías podrán circular por el arcén si son mayores de 14 años y no está expresamente prohibido


Si un ciclista rebasa a otro no se considerará adelantamiento


El grupo de ciclistas se considera como un solo vehículo


Tendrán prioridad sobre los vehículos de motor cuando éstos giren a izquierda o derecha para acceder a otra vía


Los ciclistas tendrán prioridad si el primero del grupo ha iniciado un cruce, entrando en una rotonda o circula por el carril bici


Cuando sea preciso el uso de alumbrado los cilistas deberán vestir una prenda reflectante visible a 150 metros


Deberán utilizar casco homologado en vías interurbanas salvo en rampas ascendentes prolongadas, por razones médicas o con fuerte calor. No se aplica la norma a la competición ciclista ni a los profesionales cuando entrenan

Automóviles:


El conductor tan sólo podrá utilizar en marcha monitores de navegación o de visión trasera para maniobrar


Sólo se podrá utilizar el móvil de manos libres. Quedan prohibidos los cascos, auriculares y similares


Quedan formalmente prohibidos los detectores de radares y alertar a otros conductores de la presencia de agentes de tráfico


En los carriles especiales es obligatorio el uso de las luces, así como en el carril contiguo que marche en dirección contraria. En los que no sean carriles especiales fijos no se podrá exceder de los 80 km/h


Al acercarse a ciclistas, se debe moderar la velocidad e incluso detenerse si circulan por el carril bici o se encuentran en intersecciones


Cuando un vehículo no pueda mantener la velocidad mínima requerida en cada tipo de vía, deberá utilizar las luces de emergencia para evitar los choques por alcance


No se debe entrar en un túnel o paso inferior si es previsible que éste se atasque. Si aún así hay que parar en el túnel, se debe apagar el motor y encender las luces de posición


No se puede utilizar el móvil mientras se reposta ni tener la radio encendida


Los peatones no podrán caminar por los arcenes de las autovías y no se podrá hacer auto-stop en ellas


Cualquier persona que no supere los 1,50 metros de estatura deberá utilizar un sistema de sujección adecuado a su peso y talla. Esta medida entrará en vigo seis meses después de su publicación en el BOE


Los conductores de vehículos que se detengan en la calzada o arcén deberán utilizar chalecos reflectantes al bajar del vehículo. También los acompañantes de vehículos pesados


Cualquier vehículo que emita exceso de gases, humo o ruido puede ser inmovilizado

Motos:


En las motos provistas de estructura de protección se podrá utilizar el cinturón de seguridad y prescindir del casco

Notas

1 **Aunque el engrase central** está prácticamente en desuso, se recoge aquí como histórico o anecdótico.

Algunos automóviles están dotados de engrase central que consiste en enviar, desde un depósito con bomba y por tubos de cobre el lubricante hasta todas o casi todas las articulaciones del chasis y demás puntos de lubricación, con lo que se facilita notablemente esta parte del entretenimiento. El engrase puede ser de mando por pedal o automático.

La bomba de pedal, va contenida en un depósito de lubricante (aceite especial muy limpio). Cuando se pisa el pedal , sube el émbolo venciendo al resorte , y la válvula de bola deja pasar el aceite a cargar la parte inferior del cuerpo de bomba, debajo del pistón. Al soltarse el pedal, el muelle empuja y el aceite pasa lentamente a través del filtro hacia las tuberías de salida que van a los puntos de engrase.

El depósito se debe llenar semanalmente. El pedal se oprime cada 100 a 150 Km. de recorrido del vehículo.

El mando automático puede hacerse con el vacío del colector de admisión: éste hace pulsar una membrana que manda un pistón, mucho más pequeño, en razón del constante movimiento que experimente.

El mando térmico, es más usado: el aceite del depósito baja a una cámara de expansión colocada próxima al colector de escape. Al calentarse el motor, el aceite se dilata y sale por la válvula hacia los puntos de engrase. Cada vez que baja la temperatura de funcionamiento, el lubricante se enfría y contrae, con lo que entra más aceite del depósito por la válvula de admisión .

Cualquiera que sea el mando, en cada punto de engrase hay una válvula dosificadora: el lubricante que llega por la tubería atraviesa el filtro de tela metálica con fieltro y sigue por el tubo calibrado, cuyo paso depende del grosor del vástago de la válvula. Según sea la articulación a lubricar, así se deja más o menos paso; por ejemplo: las articulaciones del freno de mano, que trabajan poco, tienen un paso muy reducido, mientras que las de los pivotes de las ruedas directrices tienen válvulas con vástagos más finos. El aceite empuja la válvula con facilidad porque el resorte es débil y sólo sirve, en realidad, para evitar que siga fluyendo lubricante con el vehículo parado.

Lo general es que se engrasen de 16 a 25 puntos o articulaciones con este mando central, casi siempre automático. Suelen quedar para engrasar a mano las juntas cardan del árbol de transmisión, los cubos de las ruedas y, a veces, el engranaje de la dirección; además de la bomba de agua, porque ésta conviene lubricarla con grasa, impermeable al agua.

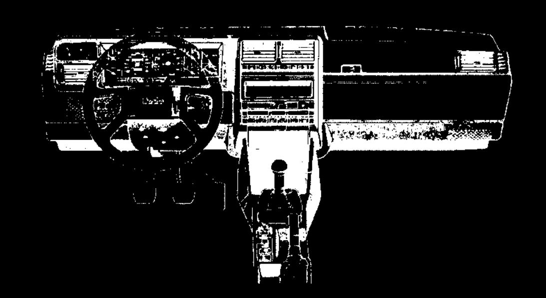
Si el engrase central está bien instalado y es de buena clase, su funcionamiento asegura una lubricación excelente porque el aceite usado es fluido y penetra mejor en todas partes, y llega a las articulaciones de dentro a fuera, con lo que las impurezas son arrastradas al exterior, contrariamente a lo que ocurre con el engrase ordinario.

2 **También se pueden prevenir** estos inconvenientes con productos especiales aplicados sobre el parabrisas y que se comercializan en el mercado, o frotando el parabrisas con una solución de jabón en un poco de alcohol desnaturalizado, a la que se añade azúcar morena, conservándose el cristal de esta manera transparente y sin empañarse.

3 **Es preciso que se haga un diagnóstico certero** desde un principio, pues de nada sirve una magnífico montador-ajustador si emplea sus habilidades desmontando el carburador cuando el mal está en el ruptor, por ejemplo. La investigación de averías debe hacerla una persona sumamente especializada que cuente con los últimos equipos en diagnosis y que no posea otro cometido; la recepción la harán los operarios a quienes corresponda.

4 **Excepto en los starters**, no debe abusarse en ningún caso del cierre del aire por el peligro de inundar de gasolina los cilindros, con lo que se dificultaría el arranque.

Capítulo 2



La Conducción

1. INTRODUCCIÓN

Si la *conducción* es el manejo de un automóvil mediante el gobierno de sus órganos, y *conducir* es guiar y dirigir un vehículo, se entiende por *circulación* el ir y venir simultáneo de los diversos usuarios por las vías públicas, bajo unas normas y señales que la hacen posible y segura.

Mientras que los mecanismos son cada vez más complejos, sofisticados e inteligentes, el manejo de los mismos tiende a simplificarse para que el conductor pueda aplicar el máximo de su atención y concentración a la tarea de la conducción, entre las cada vez más frecuentes dificultades del tráfico rodado.

Desde 1934, el Código de la Circulación, en parte vigente, prácticamente no había sufrido modificaciones, salvo la inclusión esporádica de algunas disposiciones complementarias, hasta que en el año 1990 se aprueba el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, complementado con el Reglamento General de Circulación de 17 de Enero de 1992 (RD. 13/1992), que desarrolla la anterior Ley, adaptándose ambos tanto a la evolución sufrida en la sociedad española desde el punto de vista automovilístico, como a la normativa comunitaria.

La circulación ha pasado actualmente a ser materia suficiente para requerir más espacio que un capítulo; solamente los preceptos reglamentarios, aun extractando el Reglamento General de Circulación, son lo suficientemente extensos y profundos como para desarrollarlos aquí. Por ello, este capítulo se ocupa únicamente de la conducción en cuanto al manejo y uso del automóvil y sus mecanismos de gobierno, y todo ello tratado de forma muy superficial.

2. ÓRGANOS DE MANDO

Se trata de indicar, de manera resumida, los diversos órganos de mando que tiene a su alcance el conductor indicando, su colocación o disposición en el vehículo, así como su correcto empleo.

Los mandos principales del automóvil en su colocación clásica (Fig.2.1) son el volante de la dirección V, los pedales de embrague E, freno F y acelerador A, la palanca del cam-

bio de velocidades P y la del freno de mano o estacionamiento M.

Parece lógico que los diferentes automóviles los tuviesen situados del mismo modo para que el manejo fuera igual en todas las marcas y modelos; pero esto no es así, y por consiguiente todo conductor que se siente por primera vez a los mandos de un vehículo desconocido para él, lo primero que debe hacer antes de arrancar es familiarizarse con los mismos, pues no sólo varían en cuanto a su ubicación sino también en su respuesta mecánica[1].

Las figuras 2.2. y 2.3 exponen un supuesto de los mandos principales en los automóviles provistos de cambio automático *Hydramatic o de convertidor de par*, que se caracterizan porque carecen de pedal de embrague. Las letras P-N-D-L-R corresponden a las distintas posiciones de la palanca C.

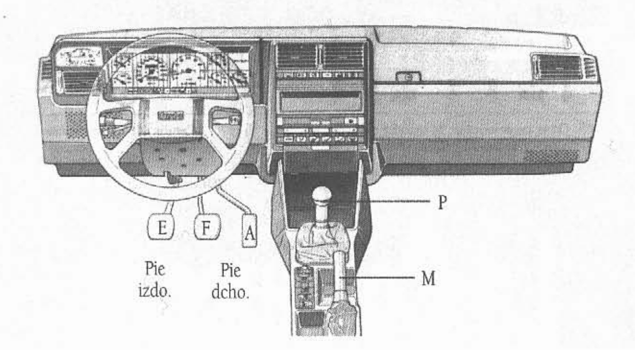
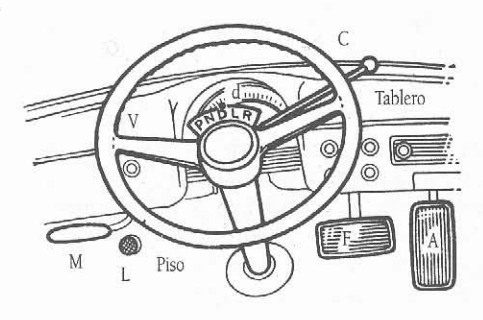


Figura 2.1.



V. Volante de la direción.
C. Palanca de cambio.
d. Índice que señala la posición de C.
L. Cambio de luces
M. Palanca de freno de estacionamiento.
L. Cambio de luces.
F. Freno.
A. Acelerador.

Figura 2.2.

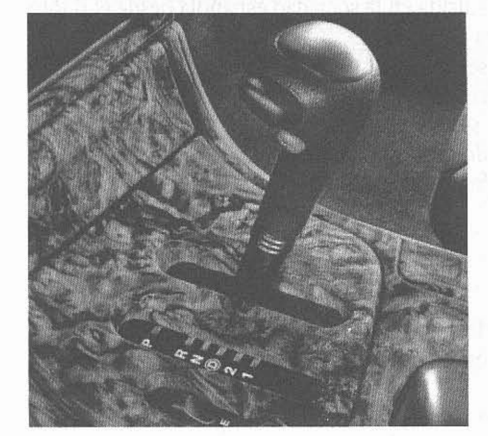


Figura 2.3.

2.1. Mandos manuales

El volante, que debe sujetarse firmemente con las dos manos pero sin agarrotamientos, ha ido evolucionando hasta convertirse en un aro de menores dimensiones y con menor número de radios. La posibilidad de variarlo en altura, la textura del material empleado (un aro forrado de piel proporciona un agarre perfecto), la facilidad para manejarlo (cuando la dirección es asistida), y la posible incorporación de otros elementos mecánicos u ópticos en el área del volante, son algunas de las innovaciones más importantes que se han producido.

El freno de mano o estacionamiento, que tiene como misión mantener el vehículo inmovilizado cuando se encuentra detenido, parado o estacionado, puede servir excepcionalmente como freno de socorro

cuando falle el freno de servicio. En la mayoría de los vehículos su accionamiento es mecánico, actuando sobre las ruedas de un mismo eje, generalmente el trasero.

La palanca de este freno está provista de unas muescas o dientes para fijarla una vez que ha sido accionado el mismo; un uso brusco o inadecuado lleva consigo un desgaste prematuro y pérdida de eficacia, por lo que es aconsejable presionar el pulsador mientras se está tirando de la palanca.

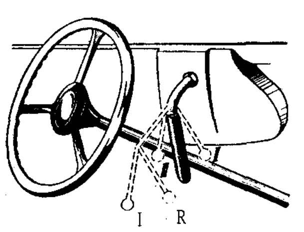


Figura 2.4.

En algunos camiones y turismos la palanca del freno de mano se encuentra bajo el tablero (accionándose con la mano o el pie), para despejar lo más posible el espacio entre los asientos delanteros, aunque se conserve la palanca del cambio sobre el piso ya que estorba menos que aquélla.

La palanca de cambio de velocidades selecciona los engranajes que han de variar la relación de desmultiplicación y con ello adaptar la potencia del motor a la velocidad del vehículo. Su situación puede variar según el tipo de automóvil, encontrándose generalmente en el piso y entre los asientos delanteros; en otros casos, está sobre la columna de la dirección bajo el volante, o bien bajo el salpicadero (Fig.2.4).

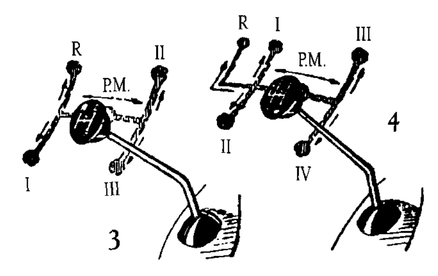


Figura 2.5.

Las posiciones de la palanca del cambio de marchas dependían hasta los años 30 del capricho del conductor, pero actualmente están normalizadas y responden, en las cajas de cuatro y cinco velocidades hacia adelante, a los esquemas de las figuras 2.5 y 2.6. Con la posición de la marcha atrás aún existen diferencias y se usan disposiciones como las señaladas en la figura 2.7. Algunas veces, o siempre que la marcha atrás está en prolongación de una marcha adelante (segundo caso de la figura 2.7), se dota a la palanca de un trinquete G (Fig.2.8), que si no se acciona no permite meter la marcha atrás, evitando actuaciones incorrectas y peligrosas.

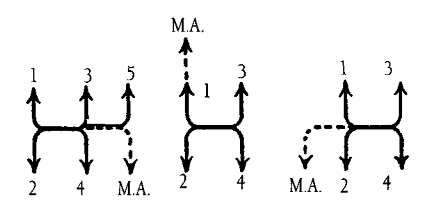
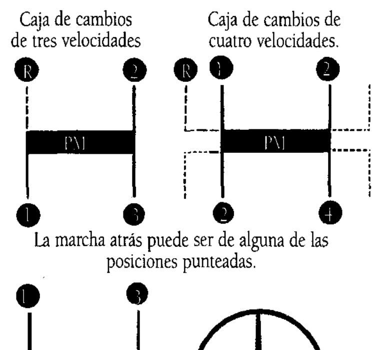
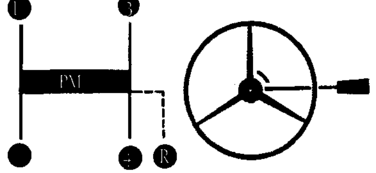


Figura 2.7.



La marcha atrás puede ser de alguna de las posiciones punteadas.



La palanca de cambio en el volante también sigue el modelo de H.

Figura 2.6.

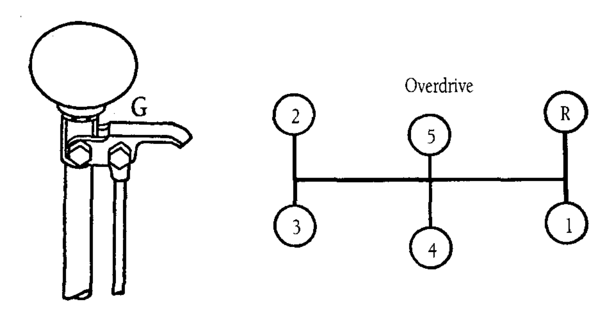


Figura 2.8. *Figura 2.9.*

En camiones con cinco velocidades adelante se encuentra la disposición de la figura 2.9: la 1ª, es para arrancar; la 2ª y 3ª, para circular por rampas y trazar curvas cerradas; la 4ª, es la directa normal; y la 5ª, también llamada superdirecta, para circular por carreteras llanas con buen firme y con el vehículo poco cargado.

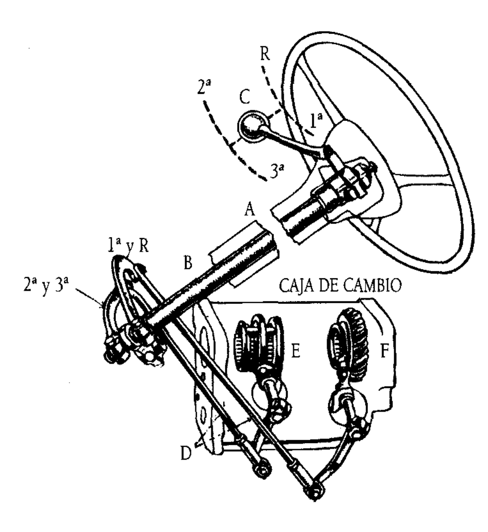


Figura 2.10.

Cuando se coloca la palanca del freno de mano bajo el tablero, y la del cambio en la columna de la dirección, esta última actúa sobre los desplazables como ya se explicó anteriormente y que de nuevo se detalla en la figura 2.10, para un cambio de tres marchas adelante: la dirección se maniobra con el tubo exterior A; el árbol interior B (otras veces por fuera del A, paralelo y muy próximo a él) es el que se mueve con la palanquita C que, actuando sobre una u otra de las bielas D, acciona el desplazable correspondiente E o F. Así se despeja por completo el espacio que queda entre los asientos delanteros, pudiéndose acomodar a tres personas. No obstante, el uso de la palanca bajo el volante requiere varias articulaciones que endurecen el mando y por sus inevitables holguras llegan a hacer impreciso el desplazamiento de los piñones.

Cuando el cambio de velocidades es de cuatro marchas adelante, las posiciones correspondientes de la palanca de mando son las numeradas en la figura 2.11 (disposición normalizada de las figuras 2.5 y 2.7), siendo A la de punto muerto y R.M. la de marcha atrás.

Esta disposición de la palanca bajo el volante se ha empleado en los automóviles de tracción delantera, en los que la caja de cambios está situada más adelante y no pueden accionarse los desplazables con la palanca directa.

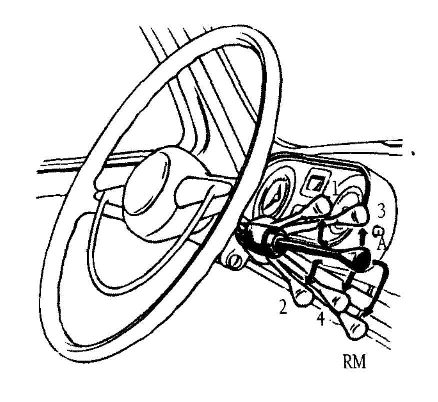


Figura 2.11.

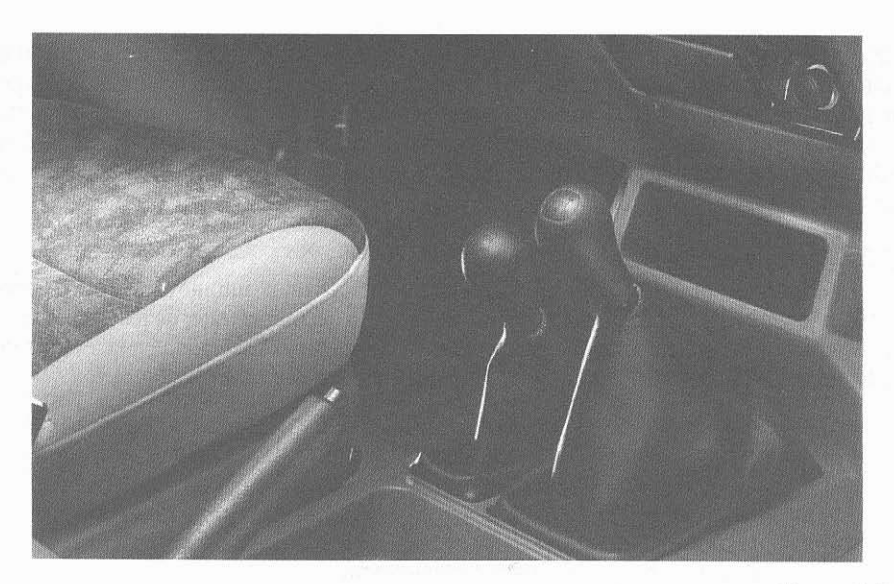


Figura 2.12.

Cuando la palanca está ubicada en el tablero, actúa sobre los desplazables a través de un varillaje de mando articulado.

Se ha generalizado la ubicación de la palanca de cambio sobre el piso como en la figura 2.1, y las posiciones correspondientes a las distintas velocidades ya no siempre se sujetan a normas generales, bien por la disposición del mando o por la consideración del motor y de la caja de cambios como longitudinal o transversal.

La palanca reductora o mandos de control, con que van dotadas las cajas de cambio de los automóviles todo terreno, sirve para el acoplamiento a voluntad del conductor de la doble tracción o de la caja reductora (Fig.2.12).

2.2. Mandos de pie

Los pedales de pie son, generalmente, tres en casi todos los automóviles: embrague, freno y acelerador. Los pedales de embrague y freno (Fig.2.1) son parecidos entre sí y diferentes del acelerador, colocándose normalmente el del embrague a la izquierda de los tres y el del acelerador a la derecha. Así como el que el volante de la dirección vaya colocado a la izquierda o a la derecha es casi indiferente para el que conduce, no ocurre lo mismo con los pedales ya que el conductor instintivamente tenderá a accionar con un pie determinado el pedal que venía usando hasta entonces, con el peligro que representa el hecho de acelerar cuando lo que se quiere es frenar, en un automóvil que tenga una disposición distinta de los pedales.

Los automóviles dotados de caja de cambios automática sólo disponen de dos pedales: acelerador a la derecha y el freno situado más a la izquierda.

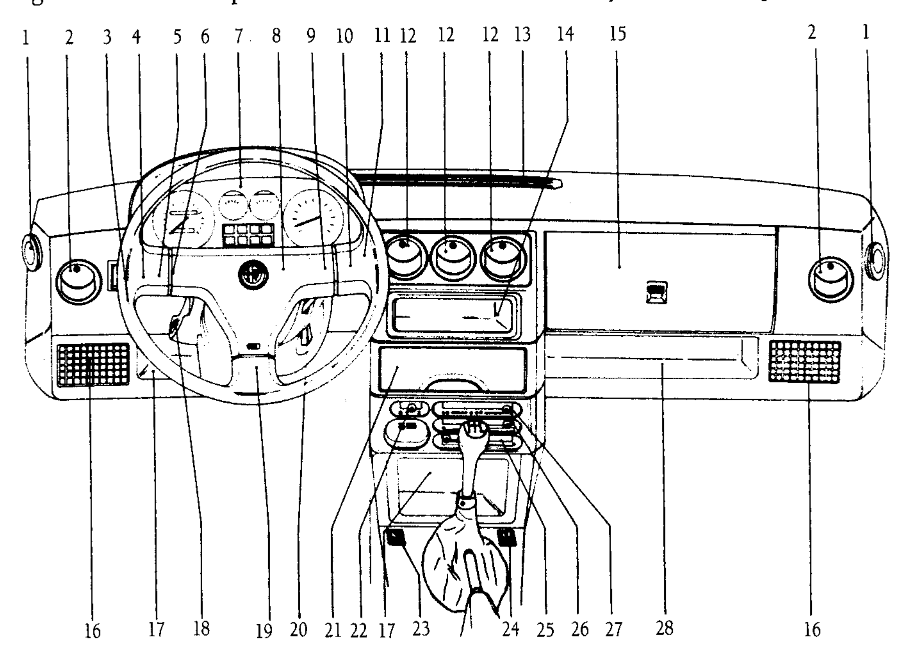
El tamaño, la separación entre los pedales, la calidad y tipo de forros de los mismos, la presión que hay que ejercer, y el posible adaptador para reposar el pie izquierdo, son aspectos que distinguen a los diferentes modelos. En cualquier caso, los distintos pedales se tienen que usar con tacto y progresividad.

Conocido es que el pie izquierdo manda el pedal del embrague, pero se debe tener la precaución de no apoyar el pie cuando no se éste actuando sobre el mismo, sino dejarlo

descansar sobre el piso, porque por leve que sea la presión sobre aquél, siempre sufrirán la horquilla y el tope de empuje del mismo, aparte de que con los embragues modernos, que requieren muy poco esfuerzo para manejarlos, sin darse cuenta puede llevarse algo desembragando, patinando, con el consiguiente desgaste. En las "Averías del embrague" ya se advirtió esto, así como lo nocivo que es hacer patinar al embrague para evitarse el cambiar de velocidad.

2.3. Mandos auxiliares

La colocación de los mandos auxiliares es distinta de unos automóviles a otros, pues varía en función del fabricante del vehículo, del modelo del que se trate, de los avances tecnológicos y de las preferencias del usuario. A título de ejemplo se detallan en la leyenda de la figura 2.13 los correspondientes a un automóvil moderno y bastante completo.



1. Aireación ventana lateral.
2. Entrada de aire exterior.
3. Interruptor de la luneta térmica.
4. Interruptor antiniebla.
5. Interruptor libre.
6. Mando de intermitentes, luces de posición, de cruce y carretera.
7. Panel de instrumentos.
8. Bocina.
9. Interruptor de luces de emergencia.
10. Lavacristales.
11. Limpia-parabrisas de 3 velocidades.
12. Entrada de aire climatizado.
13. Entrada de aire al parabrisas.
14. Autoradio.
15. Guantera.
16. Altavoces.
17. Portaobjetos.
18. Llave de contacto.
19. Starter.
20. Ajuste del volante.
21. Cenicero con encendedor incorporado.
22. Mando del electro-ventilador.
23. Elevalunas conductor.
24. Elevalunas pasajero.
25. Regulador de la temperatura del aire.
26. Regulador del aire frío.
27. Distribución del aire en el habitáculo.
28. Repisa portaobjetos.

Figura 2.13.

Así como en los mandos principales la tendencia es a simplificar y facilitar su manejo, en los auxiliares hay una cantidad tal de accesorios, algunos aparentemente innecesarios dada la perfección de las modernos automóviles, que en algunos casos distraen al conductor si éste va pendiente de ellos.

3. LA POSTURA DEL CONDUCTOR

Si importante es conocer los mandos y dispositivos más importantes del vehículo, no lo es menos el adoptar una postura adecuada en el asiento, con objeto de que se obtenga la máxima visibilidad, se alcance perfectamente a todos los mandos, y la fatiga muscular aparezca lo más tarde posible.

El conductor debe ir sentado con naturalidad, con la espalda apoyada en el respaldo del asiento; en caso de ir forzado, debe colocar un cojín o suplemento en su espalda o sobre el asiento, para poder acercar el cuerpo a los pedales y volante de la dirección, y poder ver bien a través del parabrisas, sin forzar la postura y menos el cuello.

Una correcta posición es aquella que permite acceder de una forma cómoda y segura a todos los mandos tanto manuales como los que se manejan con el pie, para lo que se deberá regular en altura y longitud el asiento en función de la fisonomía del conductor. Además, algunos automóviles llevan la columna de la dirección telescópica (para alargarla y acortarla), y también de inclinación variable, para ajustarla con precisión.

Últimamente los fabricantes de automóviles ya no sólo se preocupan de la mecánica, de la economía o del confort general, entre otros aspectos, sino que se han esforzado en diseñar asientos, en general, más anatómicos que proporcionan mayor seguridad al conductor y en cierta medida evitan que se puedan producir ciertos tipos de accidentes.

Además de las regulaciones citadas, se señalan en la figura 2.14, por orden de preferencia, los tres puntos que todo conductor ha de comprobar en su asiento:

1°. A la altura de los riñones conviene que exista un saliente que obligue a llevar la espalda recta y no encorvada; la diferencia de llevar "el espinazo" caído hacia atrás a ir bien derecho, representa que la fatiga corporal aparezca antes o después.

2°. Hacia la mitad del muslo, y por la parte inferior, debe notarse el empuje del asiento; no cerca de la rodilla, porque si se apoya o aprieta ahí se dificulta la circulación de la sangre.

3°. Conviene que haya un tercer saliente suave en el centro de la espalda a la altura de los hombros.

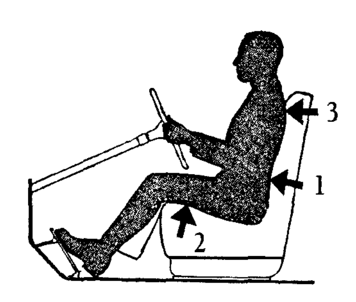


Figura 2.14.

Estas tres cualidades, si no las puede proporcionar el asiento del conductor, éste debe procurárselas con almohadillas colgadas, de diversos salientes y altura, hasta encontrar la posición más cómoda y segura.

La posición de las manos sobre el aro del volante ha sido objeto de estudios estadísticos entre los mejores conductores profesionales y, de acuerdo con las previsiones fisiológico-funcionales, resulta que la más cómoda y práctica es (Fig.2.15, detalle 1) la de las "dos menos

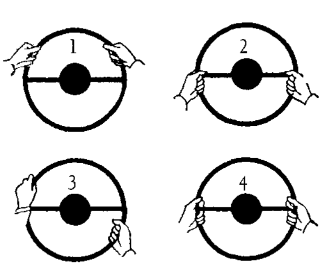


Figura 2.15.

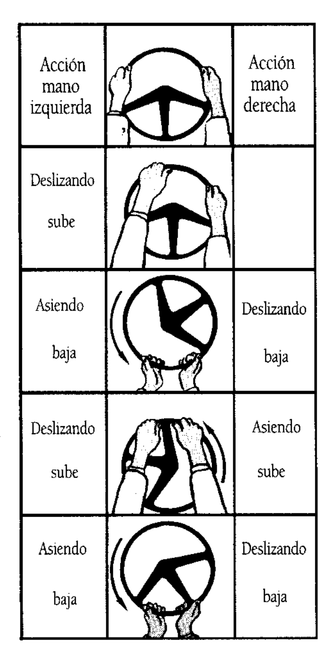


Figura 2.16.

diez" o las "diez y diez" (considerado el aro del volante como la esfera de un reloj), que a la menor emergencia permite el máximo dominio (detalle 2), con la variante del detalle 3 para cambiar la posición del brazo izquierdo, ya que el derecho se mueve más con el manejo de la palanca del cambio y de los mandos auxiliares.

Cuando se conduce a gran velocidad, en conducción deportiva, o cuando el volante se siente resbaladizo (manos sudorosas), se recomienda la posición del detalle 4, agarrando con los índices y pulgares los radios del volante para prevenir una reacción brusca, especialmente un reventón; esta posición, sin embargo, no es recomendable cuando se conduce por todo terreno, ya que esa posible reacción brusca dañaría la articulación que existe entre el dedo pulgar e índice.

Para virar las ruedas al trazar curvas, que no sean consecuencia de ejecutar ciertas maniobras, lo mejor es realizar el método que se señala en la figura 2.16, conocido como "ordeño", en el que las manos van resbalando sobre el aro de forma alternativa para, sin soltar nunca las dos manos a la vez ni cruzarlas, ir dando giros sucesivos al volante.

Los brazos deben llevarse naturalmente pegados al cuerpo y semiflexionados, de manera que sin retirar la espalda del respaldo del asiento, las muñecas queden apoyadas en la parte superior del aro del volante, evitando el vicio de apoyar el brazo izquierdo en la ventanilla.

Una vez adoptada la postura adecuada en el asiento es recomendable, a parte de ser obligatorio, colocarse correctamente el *cinturón de seguridad*, pues frente a la presunta incomodidad que manifiestan ciertos conductores, se ha contrastado la notable seguridad que el mismo ofrece.

4. PUESTA EN MARCHA DEL MOTOR

Todo buen conductor, que se precie de serlo, deberá acostumbrarse a efectuar regularmente una serie de verificaciones, diaria o periódicamente, sobre el estado de su vehículo, antes de poner en marcha el motor, centrando su atención preferentemente en aquellos aspectos que puedan repercutir en la seguridad y en la vida y rendimiento de los distintos componentes del vehículo.

4.1. Comprobaciones previas

Las comprobaciones se tienen que realizar tanto inicialmente desde el exterior del vehículo, como posteriormente una vez acomodado en el asiento, antes de arrancar el motor. La secuencia de las mismas, tratadas a grosso modo, se detallan a continuación.

Desde el exterior del vehículo:

- Estado de las ruedas incluida la de repuesto, verificando posibles daños en la llanta, cubierta (cortes, desgaste anormal), profundidad del dibujo y presión de inflado de los

neumáticos (una pérdida de aire mínima pero continua no se soluciona dando aire, sino reparando el pinchazo).

- Niveles; de aceite en el motor comprobando sobre las marcas de la varilla el mismo, del líquido de la dirección si es asistida, del agua del sistema de refrigeración a través del vaso de expansión o directamente en el radiador según proceda, del depósito de agua del lavaparabrisas, y del combustible que hay en el depósito para en función del recorrido que se vaya a efectuar prever donde se va a repostar.
- Detectar posibles fugas de aceite o agua, a través de manchas en el suelo, bajo el vehículo.
- Asegurarse que se lleva la herramienta necesaria, por lo menos una llave inglesa, alicates, gato, llave de las tuercas de las ruedas, un juego de destornilladores, cinta aislante, etc.

Una vez que el conductor ya se encuentra dentro del habitáculo:

- Se comprueba que el freno de mano está accionado, cerciorándose de que la palanca del cambio está en la posición de punto muerto (puede moverse holgadamente), y que las puertas se encuentran bien cerradas.
- Se ajusta el asiento de forma que todos los mandos puedan accionarse fácilmente y sin necesidad de esfuerzos.
- Se regulan los espejos retrovisores (interior y exteriores) y se fija el cinturón de seguridad.
- Se verifican los sistemas de alumbrado y señalización, y el correcto funcionamiento de todos los mandos auxiliares.

Una vez realizadas estas operaciones, ya se está en condiciones de girar la llave de contacto para conectar el sistema de encendido y de abrir la llave de paso del combustible cuando proceda.

4.2. Arranque en condiciones normales

Para poner en marcha el motor por la mañana, o después de una parada prolongada, es decir cuando aquél se ha enfriado, pero sin que la temperatura ambiente sea baja, se opera del siguiente modo: se cierra el estrangulador de aire (en su caso), se pisa el acelerador (excepto cuando el sistema de alimentación es por inyección o con carburador de stárter automático), y se hace girar el motor de arranque. En cuanto se oye girar el motor se sueltan ambos mecanismos, acelerador y llave de contacto, y lentamente se va abriendo el estrangulador. El motor arrancará así con facilidad.

Si la bomba de alimentación de gasolina tiene palanca de mano, conviene darle antes unos ligeros bombeos para cebarla.

Si el motor está aún caliente, basta, sencillamente, con hacer funcionar el arranque eléctrico. En este caso, el empleo del estrangulador sería perjudicial.

4.3. Arranque en tiempo frío

Cuando se va a mover el vehículo por primera vez en el día, conviene usar el stárter o estrangulador sin abusar del mismo[(2)], o dejar actuar a las bujías de precalentamiento en los motores diesel. El arranque se facilita si a la vez que se intenta girar el motor de arranque, se pisa el pedal del embrague; de esta manera se alivia el esfuerzo de giro del motor al no tener que arrastrar a los engranajes de la caja de cambios, que encontrarán bastante resistencia en la valvolina fría y espesa.

Si no arranca el motor se lleva a cabo un nuevo intento (cada uno de cinco segundos de duración, para no agotar la batería por la gran cantidad de energía que consume), cuidando de no abusar del estrangulador.

Cuando el motor comienza a girar, se debe dejar de accionar el estrangulador progresivamente, para evitar depósitos de carbonilla y el posible engrase de las bujías.

4.4. Otras consideraciones

Una vez que el motor está girando, conviene dejarle unos minutos al ralentí acelerado con muy pocos gases para que se caliente antes de iniciar la marcha, excepto en los motores que disponen de inyección electrónica. En tiempo normal bastará con uno o dos minutos, y en tiempo frío será preciso hasta cinco para no forzar el motor en los primeros kilómetros de recorrido(3); es necesario que el aceite circule bien por las canalizaciones y alcance el motor su temperatura normal de funcionamiento antes de pedirle cualquier tipo de esfuerzo. Naturalmente, si se trata de una parada de corta duración, al arrancar no se necesita esta precaución.

Jamás se deben dar acelerones al motor para que se caliente antes, pues a la larga ocasiona graves perjuicios.

En un local cerrado nunca se debe hacer funcionar el motor, pues por los gases de escape, sobre todo durante la marcha al ralentí, sale bastante óxido de carbono (gas sin olor ni humo), que puede causar la muerte a las personas por envenenamiento.

5. INICIO DE LA MARCHA

Para iniciar el movimiento del vehículo una vez que el motor está en marcha, se desembraga a fondo (embrague pisado), se coloca la palanca de cambio en la posición de primera velocidad y, a medida que con una mano se va soltando la palanca del freno de mano, se acelera progresivamente y se embraga (se va soltando el embrague) poco a poco. Son tres movimientos simultáneos: freno, embrague y acelerador, pudiendo prescindirse del primero en terreno llano o cuesta abajo, pues lo primero que se suelta es el freno.

La combinación de embragar suavemente a la vez que se va acelerando, debe de combinarse muy bien porque si no se producirán arranques bruscos, tirones, acelerones en vacío a destiempo, o se calará el motor. El automóvil debe iniciar la marcha suavemente sin que se noten sacudidas ni se embale el motor. Cuesta arriba, la operación se complica un poco más porque a la vez que se acelera y embraga, hay que soltar el freno de mano.

Tanto para esta operación como para las demás, es aconsejable que los conductores al cambiar de un vehículo a otro o cuanto más "novatos" sean, después de enterarse bien de los distintos mandos y dispositivos, practiquen con toda calma y a solas para evitar algunos incidentes.

Dependiendo de la potencia y peso del automóvil, y sobre todo al circular por terreno llano y en vacío, se puede iniciar la marcha en segunda velocidad, o bien arrancar en primera y pasar directamente a tercera. Esto sólo se debe hacer cuando, estando en dichas condiciones, se vea que el vehículo lo realiza fácilmente y sin esfuerzo aparente. Lo prudente, sin embargo, es iniciar el movimiento en primera y pasar rápida, pero sucesivamente, por las demás velocidades intermedias hasta la más alta, siempre que las circunstancias del tráfico y de la vía lo permitan.

6. LA CAJA DE CAMBIOS

Puede afirmarse que basta con observar tres aspectos para formarse un juicio completo y rápido de un conductor: el estado de conservación y limpieza del vehículo que define

su preocupación por el mismo; el manejo del cambio de modo silencioso y suave, que da idea de su aptitud mecánica; y por último, el empleo adecuado del freno, que definirá su prudencia y maestría en la conducción. Estas consideraciones aportan los datos suficientes para que con unos minutos de recorrido por calles céntricas y transitadas, se pueda tener una idea bastante acertada de la valía profesional de un conductor, distinguiéndole del aficionado.

No es difícil conseguir un manejo correcto del cambio de velocidades aun en las cajas sencillas, sin conos de sincronización. Basta fijarse en lo que pasa y cómo pasa, durante el cambio, para comprender lo que debe hacerse. Una vez conseguido esto, que es muy sencillo, rápidamente se habitúa uno a hacer las operaciones sin pensarlas e instintivamente conseguir un cambio de velocidades bien hecho.

En todas las maniobras efectuadas a marcha lenta, por ejemplo las necesarias para estacionar, en las que se emplea sólo la primera velocidad y la marcha atrás, conviene tener el acelerador casi fijo, con el motor ligeramente acelerado, y mandar el movimiento a las ruedas motrices pisando más o menos el embrague (acelerador fijo, embrague variable). Es en este caso cuando puede permitirse el "patinado" parcial de este órgano.

6.1. Uso y empleo de las diferentes relaciones de marcha

- Para pasar de una velocidad inferior a otra superior.

Las figuras que se citan en este apartado y en el 6.4, se refieren al Capítulo II de la segunda parte de este libro..

Supuesto el vehículo circulando en primera velocidad, los engranajes están como indica la figura 2.2 (caja de tres velocidades adelante). El motor y 1 giran deprisa, pero como 2 es más grande que 1, lo hará despacio, y como a su vez 4 es menor que 6, este piñón y su eje secundario S girarán aún más lentamente.

Puesto que 3 gira con el intermediario 1, y 7 lo hace con S, que va más despacio (y además 3 es de mayor diámetro que 7), los dientes de 3 giran bastante más deprisa que los de 7; de modo que si se quiere meter segunda, al pretender engranar 3 con 7 (Fig.2.3) habrá un "choque" al introducir unos dientes violentamente en los otros, que giran a distinta velocidad, e incluso con peligro de rotura. En el momento de engranar dos ruedas dentadas (piñón 3 y desplazable 7), se comprende que los dientes de ambos deben girar a

PARA PASAR DE UNA VELOCIDAD A OTRA SUPERIOR		
Primero Soltar el acelerador Desembragar Poner la palanca en punto muerto	*Segundo* Embragar y esperar un instante	*Tercero* Desembragar Meter la velocidad superior Embragar Acelerar

la misma velocidad para que entren unos en otros, tan suavemente como si estuviesen ambas ruedas paradas.

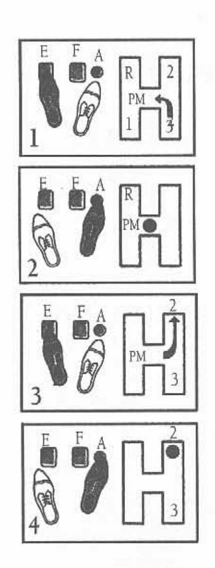
Para conseguirlo, como la velocidad de 7 viene impuesta desde las ruedas motrices del vehículo, no hay otra solución que disminuir la de 3, lo que es bien fácil si, al desembragar para cambiar, se levanta el pie del acelerador y se deja la palanca en punto muerto un momento para que el motor pierda velocidad (o como está desembragado, para que el intermediario, ahora suelto, la pierda por sí mismo). Si durante esa pausa se embraga un instante, mejor todavía, pues así, 3 baja su velocidad a compás con el motor y al desem-

bragar de nuevo para engranar 7 con 3, los dientes de ambos irán a velocidades sensiblemente iguales y entrarán sin choques ni ruido.

El tiempo que permanezca la palanca en punto muerto es lo que queda por completo a la estima del conductor, pues, aunque bastan unos momentos, su medida es una apreciación personal, y por ello el conductor debe practicarlo primero en llano.

Lo mismo ocurre para pasar subiendo a cualquier otra relación de marcha, de modo que el orden de operaciones es el siguiente:

PARA PASAR DE UNA VELOCIDAD SUPERIOR A OTRA INFERIOR		
Primero Soltar el acelerador Desembragar Poner la palanca en punto muerto	*Segundo* Embragar y acelerar un poco Acelerar	*Tercero* Desembragar Meter la velocidad inferior Embragar



Cómo se ejecuta el "doble embrague" para cambiar de una velocidad a la inmediata inferior (de 4ª a 3ª, de 3ª a 2ª, o de 2ª a 1ª e incluso de 4ª a 2ª ó de 2ª ó de 3ª a 1ª si fuese necesario), sin permitir que se agote el motor, sino conservándolo revolucionado.

1. Se desembraga y se pasa la palanca del cambio de tercera a punto muerto, mientras el pie derecho suelta el acelerador.
2. Al llegar la palanca a punto muerto se embraga de golpe y se da un rápido acelerón.
3. En seguida se desembraga y se pasa la palanca a segunda, mientras el pie derecho suelta un momento el acelerador.
4. Se embraga sin brusquedad sobre segunda mientras se acelera de nuevo.

Figura 2.17.

Las tres operaciones del grupo primero se hacen casi a la vez y conviene ensayarlas previamente. La segunda operación, embragar y esperar, es bien sencilla, y las del grupo tercero se realizan de la misma manera que se explicó para iniciar la marcha en primera velocidad, embragando y acelerando poco a poco.

- *Para pasar de segunda a primera.*

Obsérvese que en segunda (Fig.2.3) aplicando el mismo razonamiento, los dientes del desplazable 6 giran mucho más deprisa que los del piñón 4, que son los que han de engranar para obtener la primera velocidad (Fig.2.2). Lo que ahora habrá que hacer es: al pasar la palanca por el punto muerto, embragar y acelerar el motor para que 4 aumente su velocidad igualando la de sus dientes a los del 6, y en seguida desembragar para meter primera, engranando unos con otros a una marcha sensiblemente igualada.

El orden de operaciones para pasar de una velocidad superior a otra inferior es el siguiente:

Comparando este método de proceder con el anterior, se aprecia que sólo se diferencian en que, en el caso de aumentar de relación de marcha se embraga en punto muerto y se espera un instante, y para disminuir la misma también se embraga en punto muerto, pero dando un ligero acelerón en vez de esperar.

Estas operaciones reciben el nombre de *cambio por doble embrague*, sistema que conviene se practique siempre que se vaya a descender de relación de marcha (Fig.2.17).

Los pasos que se describen en los dos cuadros anteriores, están especialmente indicados en el caso de la conducción de vehículos pesados, y son convenientes aunque no imprescindibles en los demás supuestos.

- *Para meter marcha atrás.*

Ha de tenerse presente la precaución de no intentar meter la marcha atrás estando el vehículo en movimiento; si se hace cuando se mueve el vehículo hacia adelante, aunque sea poco, se corre el peligro de dañar el engranaje de los piñones.

6.2. Los cambios preselectivos (Wilson)

En este tipo de cambio, el manejo de las velocidades varía según que se combinen o no con el embrague hidráulico.

Sin él, para detener el vehículo conservando el motor en marcha hay que poner la palanquita en punto muerto o pisar a fondo el pedal de mando; para iniciar la marcha se introduce la primera velocidad pisando a fondo el pedal, soltándolo después suavemente al mismo tiempo que se afloja el freno de mano y se pisa el acelerador.

En caso de ir acoplado a un embrague hidráulico, no es preciso colocar en punto muerto la palanquita preselectora del volante para dejar el vehículo parado por poco tiempo, pues basta apretar el pedal del freno para que resbale el turboembrague; el arranque se realiza aflojando el freno y pisando progresivamente el acelerador.

6.3. El sistema de rueda libre

En la maniobra del cambio entre dos velocidades, por ejemplo, de tercera a segunda o viceversa, en las que funciona la *rueda libre*, no es preciso desembragar con el pedal, pues la rueda libre realiza un desembrague automático cuando se deja de acelerar el motor. La manera correcta de efectuar la maniobra consiste en esperar un poco después de haber soltado el acelerador y llevar luego la palanca rápidamente a la nueva posición sin detenerse en punto muerto.

Para facilitar la operación de enclavar la rueda libre hay que acelerar el motor para que "tire" del vehículo (después se desembraga y se tira del botón de mando hacia afuera). Como esta operación, efectuada sobre todo al bajar una pendiente para utilizar el motor como freno, parece a primera vista contraria a lo que instintivamente se está acostumbrado a realizar (no acelerar antes de frenar), debe centrarse en ella la atención de los conductores que se decidan a usar la rueda libre.

6.4. El cambio sincronizado

La inmensa mayoría de los vehículos modernos tienen el cambio de velocidades sincronizado (Fig.2.12).

- *El cambio de directa a tercera*, por ejemplo, se ve en 1; la palanca del cambio, que ha pasado de directa a punto muerto (P.M.), mueve luego el desplazable hasta que los conos de sincronización entran en contacto; en ese momento se nota una pequeña resistencia para seguir moviendo la palanca, producida por el fiador de bola; se hace una ligera pausa "apoyando" la palanca, para permitir el embrague completo de los conos que igualan la velocidad del desplazable con la del piñón loco L de tercera, y después se continúa el movimiento de la palanca (detalle 2) hasta que la corona hace solidarios el desplazable y el piñón de tercera L.

Ahora bien, mientras se realizaban estas operaciones el motor ha estado desembragado y girando al ralentí, es decir, que en el momento de embragar de nuevo con la tercera velocidad ya metida, en vez de girar más deprisa que cuando iba en directa lo hará más despacio, y el vehículo sufrirá un frenazo sobre el embrague. Para evitarlo conviene efectuar el *doble embrague*, o sea, que las operaciones se deben realizar en el siguiente orden:

desembragar, pasar a P.M., embragar y acelerar, desembragar, pasar a la velocidad inferior con una leve pausa apoyada en el punto de resistencia, y embragar de nuevo para circular ya con la nueva velocidad seleccionada.

Más sencillo es proceder, cuando se tiene un poco de costumbre, con un simple desembrague corriente; en vez de levantar el pie del acelerador del todo se deja un poco pisado para que, mientras el motor está desembragado, quede acelerado el motor lo necesario para el mejor acoplamiento de los engranajes de la nueva velocidad inferior que se ha introducido. El desembrague siempre se hará a fondo.

- *Para subir de velocidades* (por ejemplo, de segunda a tercera) no se hace el doble embrague ni pausa en P.M., sino la pausa apoyada después, al entrar en contacto los conos. Mientras tanto, el motor ha reducido su velocidad de giro lo suficiente como para acomodar su marcha a la nueva combinación de la caja de cambios.

6.5. Los cambios automáticos o servoembragues

En los vehículos que van provistos de este tipo de embragues, como el motor queda desembragado de la transmisión con poco que se levante el pie del acelerador, se suprime la operación que expresamente hay que realizar en los sistemas ordinarios tanto para cambiar de velocidad como para iniciar el movimiento del vehículo.

6.6. Empleo de la caja de cambios como freno motor

El empleo del freno motor pone de manifiesto la conducta de un conductor prudente que utiliza los frenos con moderación, restringiendo su uso a los casos indispensables o de peligro.

Cuando se suelta el acelerador, cortando la admisión de los gases en los cilindros, el motor tiende por sí solo a girar a la velocidad de ralentí; de modo que si el impulso que recibe el vehículo de las ruedas motrices le obliga a girar más deprisa de lo que en ralentí lo haría, se gasta en ello energía, y por tanto actúa como freno.

Cuando se baja un puerto o una pendiente prolongada, que es el caso más complejo de los frenos, sobre todo si se circula con el vehículo muy cargado, se debe actuar de la siguiente manera: en principio se suelta el pedal del acelerador, dejando que el motor sirva de freno(4); si el vehículo tiende a aumentar su velocidad, se contiene con suaves frenadas, y si éstas no fueran suficientes se frena más fuerte para poder, haciendo el doble embrague, meter una velocidad inferior, con lo que el efecto del frenado es mayor y más eficaz.

Si no bastara esto, por tratarse de una fuerte pendiente con curvas muy cerradas, que han de bajarse despacio, se recurre a la segunda o primera velocidad, siempre conteniendo al vehículo con frenadas intermitentes y suaves.

6.7. Consideraciones finales

Todas las operaciones de cambio han de realizarse sin mirar a los mandos, pues para cambiar bastan el tacto y el oído; para ello, conviene habituarse desde un principio realizando diferentes prácticas en un circuito cerrado al tráfico.

Otro punto interesante es el de precisar el momento en el que se debe cambiar de relación de marcha. A este respecto no pueden darse reglas fijas y será la experiencia la que aconseje porque cada vehículo tiene sus características, y el empleo de la caja de cambios depende de ellas, de las condiciones del terreno, de si el vehículo circula cargado o vacío, del tipo de tráfico que exista y de los hábitos del conductor(5).

Cuando se suba una pendiente prolongada con un vehículo alimentado por nodriza, no se deben apurar las velocidades a plenos gases(6).

En los automóviles con intermedio hidráulico (turboembrague, Hydramatic o convertidor) y que no disponen de "embrague mecánico positivo" en su transmisión, por la misma razón que el turboembrague resbala cuando el motor "tira" del vehículo, también resbala cuando el vehículo tira del motor. Es decir, que el uso del motor como freno es menos eficaz que con las transmisiones clásicas, por lo que hay que contar con un sistema de frenos más potente y de fácil refrigeración.

7. EMPLEO DEL FRENO

En el capítulo descriptivo de estos órganos, así como al tratar de los neumáticos, ya se habló sobre la naturaleza de su acción y la importancia de su adecuado empleo.

La máxima eficacia de frenado se consigue cuando el conductor presiona el pedal con la mayor fuerza que le permita no rebasar el punto crítico en el que las ruedas están a punto de inmovilizarse, sin que dejen de girar. Una vez rebasado ese punto crítico, se produce el deslizamiento, fenómeno muy peligroso que debe evitarse.

Cuando se frena, el equilibrio de las masas se desplaza hacia adelante (transferencia de masas), y por consiguiente, las ruedas delanteras se "aplastarán" contra el pavimento más que las traseras, dificultándose el manejo de la dirección.

El control del vehículo, por tanto, será menor cuanto mayor sea la intensidad y brusquedad de la frenada, agravándose el peligro si además la velocidad es elevada o si la acción se realiza en una curva. En este último caso, el neumático de la rueda delantera exterior se sobrecargará y deformará al adherirse al suelo más que los otros; por el contrario, la rueda trasera interior prácticamente quedará en el aire. El resultado puede llegar a ser un "trompo" o un derrape.

A la postre, la eficacia del freno está limitada por la adherencia de las cubiertas al pavimento, pues si las ruedas quedan bloqueadas, la capacidad de frenada resbalando es menor que rodando (mayor recorrido del vehículo), perdiendo el dominio sobre la dirección. Además, como en las frenadas bruscas se carga violentamente el peso sobre las ruedas delanteras, las traseras pierden rápidamente la adherencia y quedan bloqueadas, calándose el motor antes de que se llegue a desembragar, facilitándose de esta manera el "coletazo".

La razón de que no se desembrague para frenar es la siguiente: con el motor embragado hay un enlace mecánico entre las ruedas traseras porque el diferencial no las deja girar independientemente, sino que solamente permite girar a una de más lo que la otra gira de menos, o sea, que la suma de sus velocidades es una cantidad determinada en cada momento por la velocidad de rotación que lleva el motor. Así, pues, si una rueda tiende a pararse por el frenazo, con lo que resbalaría facilitando que el vehículo se vaya de zaga, la otra tendría que girar a doble velocidad, cosa que por poca adherencia que conserve no podrá hacer ni su freno se lo permitirá; por tanto la adherencia de una rueda ayuda a la de la otra, evitando hasta cierto límite el patinazo prematuro e independiente de las ruedas que desequilibraría al vehículo y le haría irse de zaga inevitable y violentamente.

Si la frenada es brusca, se cala el motor al bloquearse ambas ruedas traseras; pero el coleo es menor, ya que al menos la pérdida de adherencia es análoga en las dos ruedas y el desequilibrio se produce por diferencias menores.

El uso de los frenos se debe ajustar a las siguientes condiciones:

- En primer lugar, la fuerza de la frenada se debe acomodar a la carga del vehículo y al estado del firme y de las cubiertas, sin dar lugar a que las ruedas patinen sobre el suelo, pues

no sólo así se contiene menos al vehículo, sino que se pierde el dominio sobre su dirección y se desgastan prematuramente los neumáticos.

- En segundo lugar, ha de tenerse presente que, siendo el roce de las cubiertas sobre el pavimento lo que frena al vehículo, cada vez que se pisa el pedal del freno se someten las gomas a un fuerte trabajo y desgaste, y teniendo en cuenta el elevado precio de los neumáticos, se puede afirmar que "cada frenada es un chorro de pesetas que se tiran al camino".

Además los frenazos bruscos representan esfuerzos brutales que ha de soportar la transmisión del vehículo y sacudidas desagradables a sus ocupantes.

Por todas estas razones, el frenado debe ser suave, progresivo y lo más escaso posible, recurriendo siempre que se considere necesario al empleo del freno motor.

A fin de cuentas, los frenos actúan convirtiendo el impulso o fuerza viva del vehículo en calor, producido por el rozamiento entre zapatas y tambores o entre pastillas y discos. Cuanto mayor sea la temperatura menos "agarre" se produce entre las superficies frotantes, pudiéndose llegar incluso al resbalamiento. Por consiguiente, el abuso de los frenos trae consigo la disminución de su eficacia, el quemado de los forros y la deformación de los tambores. Aunque el vehículo podría llegar a incendiarse, lo más peligroso por ser lo más inminente, es que cuando los frenos sufren un calentón (fadding)(7) tienden a anularse, dejando al vehículo y conductor sin posibilidad de actuar ante una emergencia o un caso imprevisto (por esta razón se implantaron las rampas de frenado).

Hay dos formas de conducir: el brillante o agudo, que usa constantemente de toda la potencia de aceleración del motor y también de toda la fuerza de los frenos; es decir, que considera a estos como un elemento más de la conducción, y el otro sistema más económico, suave y seguro que no somete al vehículo a esos bruscos esfuerzos, y que considera a los frenos como un elemento de seguridad o de emergencia.

Ante un caso de peligro imprevisto e inminente se necesita el máximo rendimiento de los frenos, que deben estar cuidadosamente atendidos para que rindan toda su eficacia. Como en estos momentos no es posible ponerse a pensar en cómo será más eficaz la frenada, e instintivamente se emplean a fondo, es casi seguro que se produzca un patinazo o coleo, por lo que esta situación requiere un adiestramiento previo

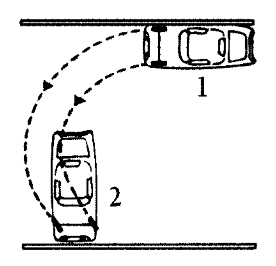
En estos casos y mientras el vehículo circula a gran velocidad, se recomiendan los frenazos fuertes pero intermitentes, para contener con ellos al vehículo sin dar tiempo al coletazo; cuando la velocidad haya descendido a un valor normal, entonces se mantiene la frenada a fondo.

Para detener en condiciones normales al vehículo, se contiene su velocidad, frenando de forma suave, intermitente y progresiva, y reduciendo progresivamente de relación de marcha. Una vez que el vehículo se haya parado, se pisan los dos pedales de freno y embrague a fondo y, antes de soltarlos se tensa el freno de mano y se coloca la palanca del cambio en punto muerto. A continuación si la parada va a ser prolongada o se va a repostar combustible(8) se para el motor.

En la actualidad el tema de la frenada se ha resuelto en gran medida con la aparición e implantación, cada vez más generalizada, de sistemas como el ABS o el ASR, entre otros, que ayudan a controlar el vehículo en situaciones de emergencia.

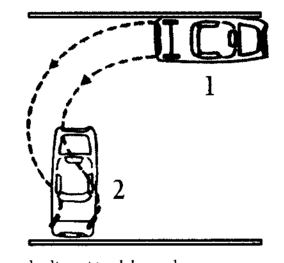
8. MANIOBRAS

En este apartado no se va a hacer un estudio de las distintas maniobras que se pueden realizar con un vehículo, sino de aquellas que por su variedad en la ejecución o por la



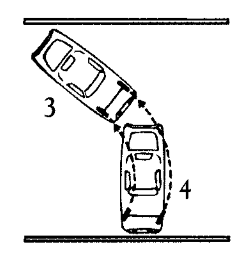
Maniobra mal hecha porque...

Figura 2.18.



...la dirección debe enderezarse antes de llegar a la acera opuesta

Figura 2.19.

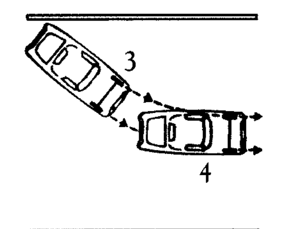


En 3 se ve cómo deben quedar las ruedas delanteras, enderezadas, después de la marcha atrás.

Figura 2.20.

repercusión que tengan sobre el tráfico y la circulación, puedan presentar un mayor índice de dificultad, independientemente de las prohibiciones y supuestos especiales que marca el Reglamento General de Circulación.

No obstante, ante cualquier maniobra que se vaya a realizar es aconsejable comprobar si el lugar y el tráfico ofrecen seguridad, si es conveniente la misma, si existe alguna prohibición y por último, si se posee la destreza suficiente como para ejecutarla en el menor espacio y tiempo posible.



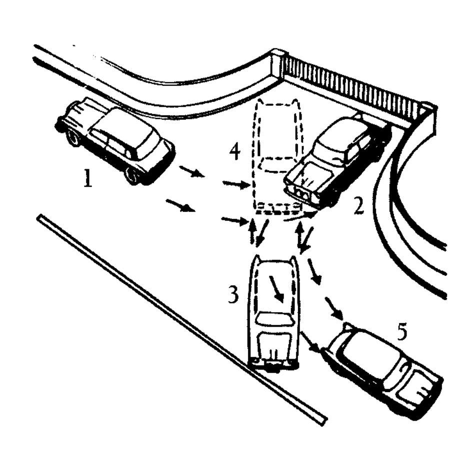
Final de maniobra

Figura 2.21.

8.1. Giros

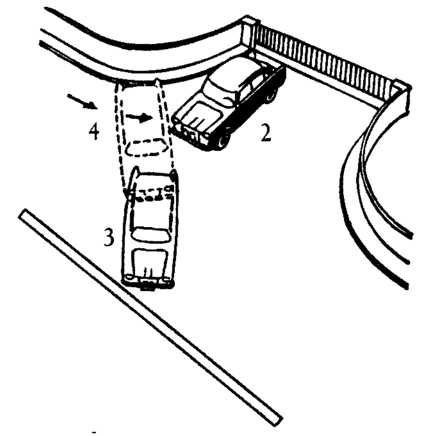
Las consideraciones que se hacen a continuación, lógicamente varían según: que el vehículo cuente o no con dirección asistida, la vía y batalla que tenga y el radio de giro del volante.

En las vías estrechas, en las que no existe espacio suficiente para dar la vuelta al vehí-



Cómo se hace la maniobra en un ensanchamiento del camino.

Figura 2.23.



Así no se aprovecha el ensanchamiento para hacer la maniobra.

Figura 2.22.

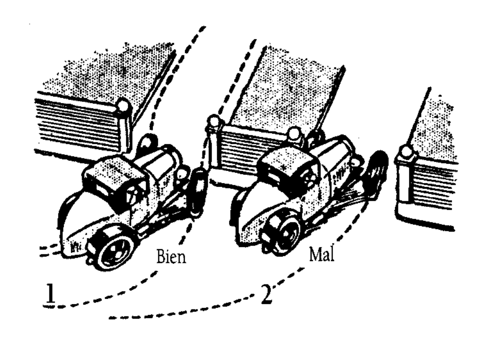


Figura 2.24.

culo con el simple giro del volante, se precisa maniobrar marcha atrás. Para ello, el conductor debe comenzar por girar la dirección todo lo posible a la izquierda (en caso de circular por la derecha), después de asegurarse de que no se acerca ningún otro vehículo a quien pueda estorbar con su maniobra. Al llegar a la acera opuesta (Fig.2.18) no se debe conservar girada la dirección con las ruedas en la forma que señala la figura, para después enderezar y torcer en sentido opuesto el volante; esto repercute negativamente sobre el mecanismo y los neumáticos (con el vehículo parado no debe moverse la dirección). La forma correcta de proceder es la que señala la figura 2.19, en la que se ve que al acercarse a la acera opuesta, desde 1 hasta 2, en el último momento se ha ido enderezando la dirección;

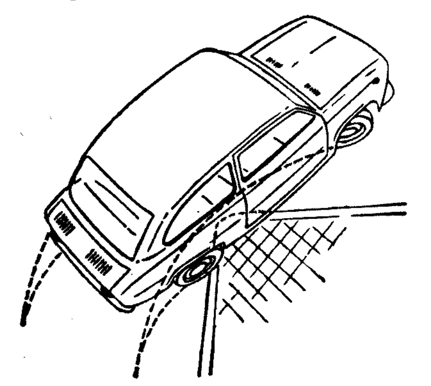


Figura 2.25.

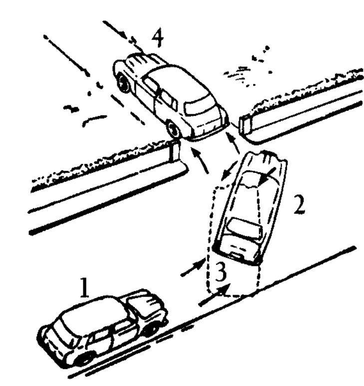


Figura 2.26.

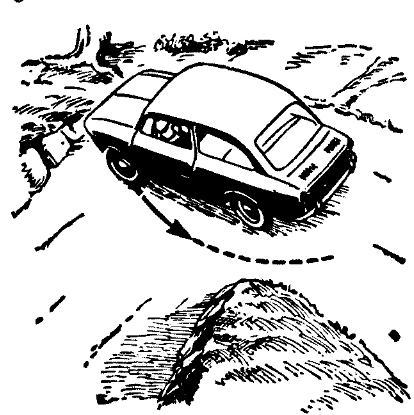


Figura 2.27.

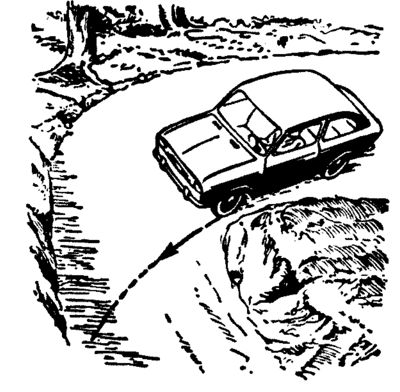


Figura 2.28.

de esta manera queda el vehículo preparado para realizar el movimiento de marcha atrás más fácilmente (Fig.2.20) de 2 a 3, posición en la que también al llegar a ella, deben quedar otra vez enderezadas las ruedas y a ser posible orientadas en la dirección que se vaya a seguir; por último de 3 se pasa (Fig.2.21) en marcha adelante a la 4, en la que el vehículo ha terminado de realizar la media vuelta buscada.

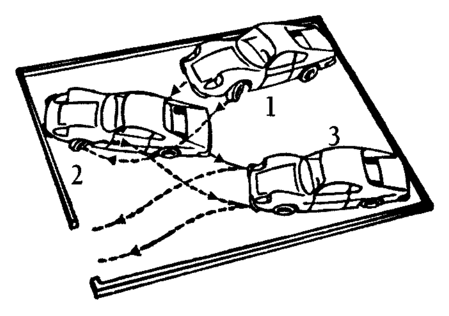


Figura 2.29.

Si la vía es muy estrecha, será preciso repetir varias veces la maniobra anterior hasta conseguir la dirección deseada, aunque lo más prudente es rodear una manzana; pero en todas ellas se debe dejar la dirección enderezada para circular en sentido contrario.

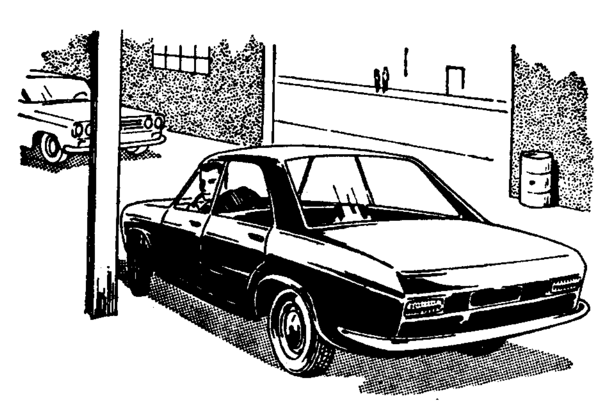


Figura 2.30.

Si en la vía hay un ensanchamiento, debe aprovecharse para hacer la maniobra en la forma que señala la figura 2.22, es decir, dirigiéndose hacia la parte más alejada de dicho ensanchamiento para utilizar en la doble maniobra todo el espacio disponible, pues si se opera según la figura 2.23, en el segundo movimiento no se podrá aprovechar dicha ventaja.

Para entrar de frente por puertas estrechas debe operarse según señala la figura 2.24-1, pues en 2 se ve que la parte trasera del vehículo tropezará con el borde de la puerta. Esta regla es aplicable al caso de las esquinas al girar; en la figura 2.25 se ve un vehículo que, por ceñirse demasiado, tropieza su rueda en el bordillo de la acera.

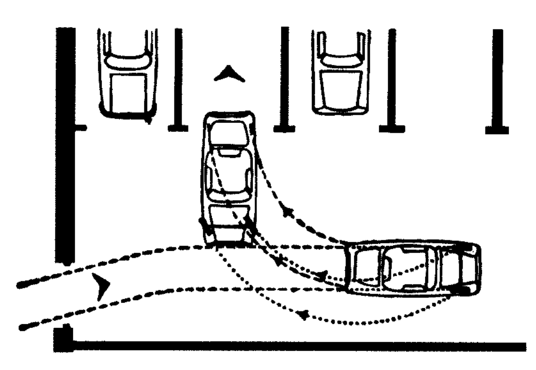


Figura 2.31.

Para pasar por una cancela desde un camino estrecho se debe actuar como señala la figura 2.26. Al dirigirse desde la posición 1 a la de maniobra 2, ha de llevarse el vehículo a la esquina más alejada para dar luego marcha atrás hasta 3, y desde aquí entrar directamente con facilidad, de modo análogo a lo explicado para el caso de la figura 2.22.

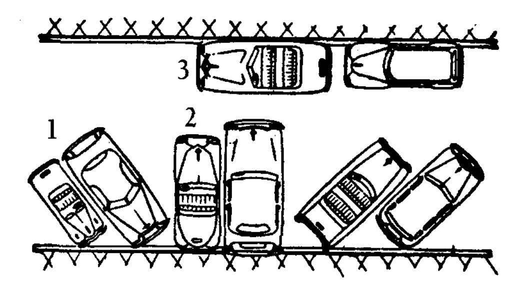


Figura 2.32.

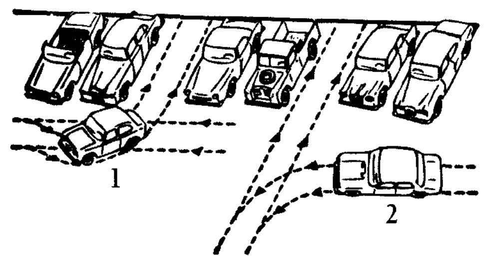


Figura 2.33.

Para trazar una curva cerrada por la que no se puede pasar sin hacer maniobra, ésta se preparará como señala la figura 2.27, procurando mantener al vehículo centrado en el camino sin ceñirse a un lado ni al otro, para evitar que se encajone como le sucederá al vehículo de la figura 2.28 cuando dé marcha atrás, que tropezará con la esquina del terraplén. Además, en este caso, se ocupa el carril de sentido contrario, con el consiguiente peligro si viniese circulando otro vehículo por él.

Para salir desde el rincón de un garaje se maniobra en la forma que se ve en la figura 2.29. Al dar marchar atrás no deben perderse de vista las columnas u obstáculos con los que puede tropezar la parte delantera del vehículo (Fig.2.30).

Para entrar en el espacio libre de un garaje que queda entre otros dos ocupados, debe realizarse en marcha atrás (Fig.2.31) para facilitar posteriormente la salida del mismo.

8.2. Estacionamientos

1. Se avanza hasta la altura del de delante dejando una separación lateral de 40 a 50 cm.
2. Se vira la dirección al inicar la marcha atrás.
3. Cuando las ruedas de nuestro vehículo llegan en su retroceso a la altura del parachoques trasero del vehículo aparcado delante, se comienza a virar la dirección en sentido *opuesto, para terminar* rápidamente en cuanto hay hueco donde meter la delantera del nuestro.
4. Si el vehículo quedó encajado al llegar al límite trasero, se vira otra vez para arrimar la delantera al bordillo.

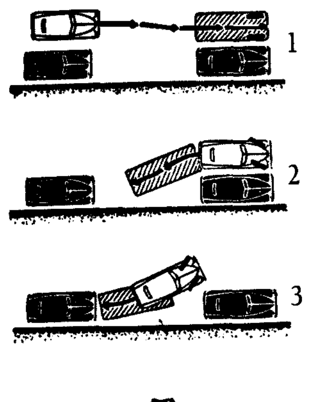


Figura 2.34.

Parada, es la inmovilización voluntaria de un vehículo por un tiempo inferior a dos minutos, para tomar o dejar personas o para cargar o descargar cosas. También se llama "parada" al lugar donde se detienen regularmente los tranvías, autobuses y trolebuses para tomar y dejar viajeros.

Detención, es la inmovilización de un vehículo impuesta por circunstancias ajenas a la voluntad del conductor, bien sea por una emergencia, por necesidades de la circulación, o para cumplir con algún precepto reglamentario,

Estacionamiento, es la inmovilización de un vehículo, por tiempo indeterminado, que no se encuentra en situación de parada ni detención. *Los tres procedimientos de aparcar o*

estacionar un vehículo en las vías públicas son los representados en la figura 2.32:

- En oblicuo 1, que si la anchura de la calle lo permite es el más práctico, por el poco espacio que requiere la maniobra de entrar y salir.
- En batería 2.
- En línea 3.

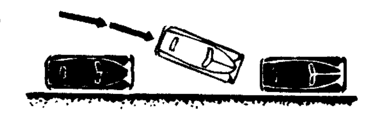


Figura 2.35.

Tanto en oblicuo (diagonal) como en línea (cordón o hilera), los vehículos deben quedar orientados según el sentido de la marcha.

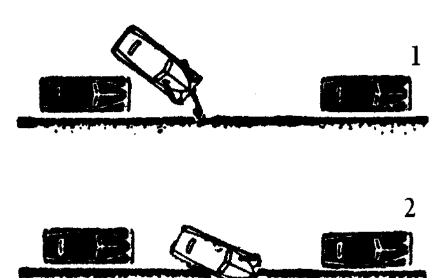


Figura 2.36.

- La posición 1, tiene como ventaja que la parte trasera de los vehículos no tropieza o monta en la acera; la entrada es fácil por hacerse sin maniobra, y la salida puede realizarse, con la consiguiente maniobra, sin estorbar a la circulación, aprovechando los momentos en que, por estar encendido el disco rojo anterior, no hay tráfico en la calle.

- Siempre que se quede en la posición 3 (en línea), deben dejarse las ruedas del vehículo acercadas, pero no arrimadas o pegadas al bordillo de la acera, porque si las cubiertas están a menos de diez centímetros, la maniobra de salida puede verse dificultada al no tener espacio suficiente las ruedas para virar.

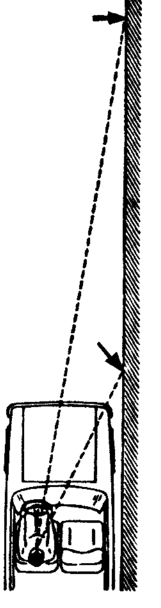
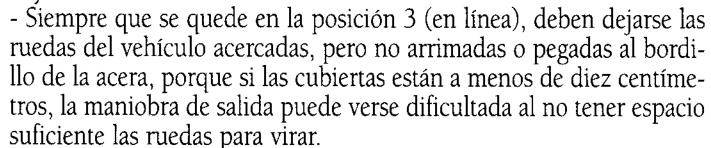
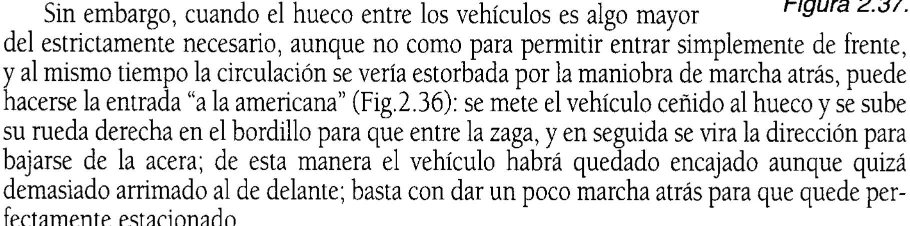


Figura 2.37.



Para entrar en un hueco de las formaciones en oblicuo o batería se debe maniobrar según se indica en la figura 2.33. De los dos procedimientos, el más práctico, por exigir menos espacio para la maniobra, es el señalado en el detalle 1. Nunca se debe entrar llegando a contramano porque es difícil y se corre el peligro de tropezar con los vehículos inmediatos al hueco que se pretende ocupar.

Para entrar en un hueco en línea, caso muy corriente, debe operarse según indica la figura 2.34, es decir, pasando hasta la altura del vehículo siguiente, y luego con toda clase de precauciones, dar marcha atrás para ocupar el espacio disponible. Si no hay suficiente sitio para encajar el vehículo rigurosamente alineado en la fila, siempre quedará en buena posición para salir sin estorbar a nadie; mientras que si se hubiese entrado a ocupar el hueco directamente (Fig.2.35), el vehículo quedaría medio atravesado, con la salida muy difícil y su parte más voluminosa estorbando a los que circulen en esta dirección.



Sin embargo, cuando el hueco entre los vehículos es algo mayor del estrictamente necesario, aunque no como para permitir entrar simplemente de frente, y al mismo tiempo la circulación se vería estorbada por la maniobra de marcha atrás, puede hacerse la entrada "a la americana" (Fig.2.36): se mete el vehículo ceñido al hueco y se sube su rueda derecha en el bordillo para que entre la zaga, y en seguida se vira la dirección para bajarse de la acera; de esta manera el vehículo habrá quedado encajado aunque quizá demasiado arrimado al de delante; basta con dar un poco marcha atrás para que quede perfectamente estacionado.

Aunque este último procedimiento no es muy aconsejable, si se sube y se baja la rueda del bordillo despacio, siempre será mejor que rozar la cubierta contra dicho bordillo empleando cualquier otro procedimiento, que a la larga ocasionaría desgastes y roturas. En cualquier caso y hasta que se domine la maniobra de estacionar en línea, conviene apoyarse en referencias que se toman del exterior con respecto al vehículo propio (Fig.2.37).

El estacionamiento en cuesta requiere ciertas precauciones para evitar un posible deslizamiento del vehículo. Además de cortar el encendido y tener accionado el freno de mano, en las pendientes ascendentes se debe dejar metida la primera velocidad, y si son descendentes, la marcha atrás. La dirección conviene dejarla un poco virada, de modo que si el vehículo se pusiese en movimiento accidentalmente, nunca lo hiciese hacia el centro de la calzada, sino hacia la acera, evitando así posibles accidentes con otros vehículos.

9. CURVAS

Las curvas representan uno de los puntos más peligrosos y conflictivos de la circulación, por lo que todo conductor al aproximarse a ellas debe hacer una valoración de las mismas, que abarcará entre otros los siguientes puntos y consideraciones:
- Características de la curva: peralte, radio.
- Configuración del vehículo: estabilidad, maniobrabilidad, capacidad de respuesta.
- Tipo y estado de los neumáticos: sección, dibujo, desgaste.
- Características de la vía: señalización, anchura, estado del pavimento.

Considerando que:
n = reacción normal al suelo. g = gravedad. μ = coeficiente de rozamiento.
m = masa del vehículo. v = velocidad. p = peso del vehículo. r = radio.
Ac = aceleración centrífuga. Fr = fuerza de resistencia.

$$Fr = n \,.\, \mu = p \,.\, \mu = m \,.\, g \,.\, \mu \leftrightarrow Fc = m \,.\, Ac = m \,.\, (v^2 / r)$$

Por lo tanto, la fuerza centrífuga será mayor cuanto:
- Mayor sea el peso del vehículo.
- Mayor sea la velocidad.
- Menor radio tenga la curva.

Y la adherencia será mayor cuanto mayor sea:
- El peso del vehículo.
- El coeficiente de rozamiento.

Igualando la fuerza centrífuga y la de resistencia, se obtienen los valores extremos que permiten al vehículo no salirse de la vía:

Si Fc = Fr, quiere decir que $\rightarrow m \,.\, (v^2 / r) = m \,.\, g \,.\, \mu$, y entonces:
- El máximo valor de la velocidad será $\rightarrow v^2 = r \,.\, g.\, \mu$
- El mínimo valor del coeficiente de rozamiento es $\rightarrow \mu = v^2 / (r \,.\, g)$

• Condiciones climatológicas y de visibilidad.
• Tráfico en la vía: tipo de vehículos que circulan.

Como regla general las curvas deben "tomarse" a una velocidad moderada de acuerdo con lo ceñidas que sean, el estado del piso y la visibilidad de la salida; pero en todo caso lo que nunca se debe hacer es frenar dentro de ellas, sino antes, para poder acelerar suave y progresivamente una vez que se inicia el viraje, a medida que se traza la misma.

9.1. Fuerzas que intervienen

Al trazar una curva el vehículo es sometido a una serie de fuerzas que, de producirse un desequilibrio entre las mismas, tenderán a sacarlo de la vía. Estas son:

- *La fuerza centrípeta*, que se crea como consecuencia de la acción del conductor al girar el volante; es entonces cuando se genera una aceleración centrípeta, con punto de apoyo en los neumáticos, orientada hacia el centro de la curva.

- *La fuerza centrífuga*, que se opone a la centrípeta, siendo su valor igual y de sentido contrario, y que se aplica al centro de gravedad del vehículo, tendiendo a moverlo hacia el exterior de la curva. Esta fuerza se aprecia por el aplastamiento que sufre el lateral en cuestión, al desplazarse el peso hacia él (Fig.2.38). La transferencia de pesos es mayor cuanto más alto esté situado el centro de gravedad.

- *La fuerza de resistencia (adherencia)*, que se precisa para que el vehículo permanezca en la vía y no se salga tangencialmente y que es la producida por el rozamiento entre los neumáticos y el pavimento. No deja de ser una fuerza centrípeta que contrarresta igualmente a la centrífuga.

- *Peso del vehículo* (aplicado en su centro de gravedad) y *reacción normal del suelo*, que actúan verticalmente y se equilibran entre sí.

Por otra parte, la resultante entre la fuerza centrífuga y el peso del vehículo es otra fuerza FM situada en su mismo plano, dirigida al exterior de la curva y oblicua al suelo, la cual puede ocasionar el vuelco del vehículo si el centro de gravedad de éste (punto de aplicación de la fuerza) se encuentra alto y la separación entre las ruedas del mismo eje no es la suficiente como para compensarlo (Fig.2.39).

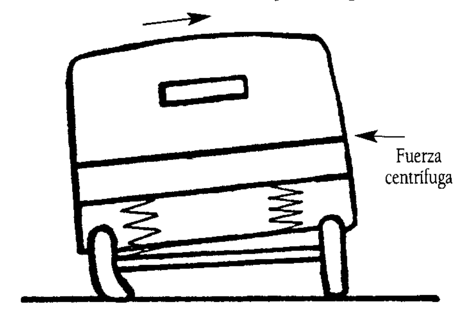


Figura 2.38.

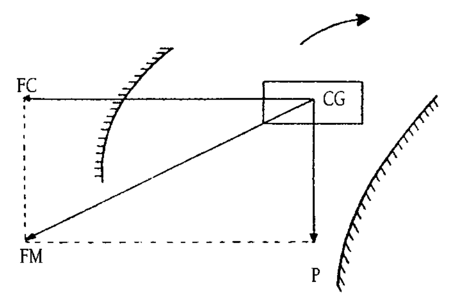


Figura 2.39.

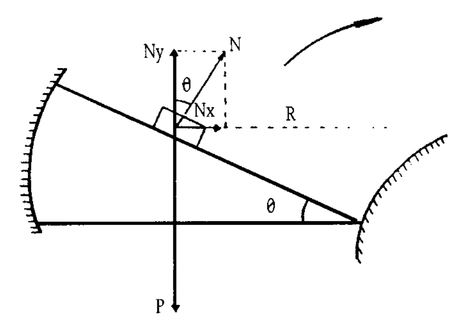


Figura 2.40.

De todo lo expuesto se deducen las siguientes *conclusiones:*
- Cuando se circula a una velocidad elevada, el aumento de la fuerza centrífuga puede ser lo suficiente como para superar el límite de adherencia, lo que producirá el derrape como consecuencia de la inercia del vehículo.
- El peso del vehículo interviene de igual forma en las fuerzas centrífuga y de resistencia, por lo que no afecta a la posibilidad de deslizamiento, aunque sí a la del vuelco al modificar la situación del centro de gravedad.
- Aumentando considerablemente el índice de adherencia, se podría conseguir una velocidad más elevada sin derrapar, pero se produciría el vuelco al situarse más horizontalmente la fuerza resultante.

Si se realiza la inclinación progresiva de la calzada hacia el interior de la curva (peralte), se podría lograr, por un lado, que la resultante de la fuerza centrífuga y del peso del vehículo, para una velocidad determinada y específica de la curva, sea perpendicular al suelo; y por otro, que el "agarre" de las ruedas al pavimento a causa del rozamiento transversal sea mayor (Fig.2.40).

Tomando un ángulo de peralte adecuado, se conseguirá circular sin deslizamientos a más velocidad de la obtenida anteriormente, pues para compensarlos será suficiente el valor de la componente horizontal de la reacción normal del suelo, incluso sin necesidad del rozamiento.

Aunque el peralte, el rozamiento, el radio y la masa del vehículo, son factores pasivos en el momento de tomar las curvas, pues el conductor no puede intervenir modificándolos, donde sí puede actuar decisiva y activamente es en el comportamiento del vehículo, mediante la correcta utilización de la dirección (trazado de la trayectoria) y el uso adecuado del acelerador, freno y cambio de marchas (aceleración y velocidad).

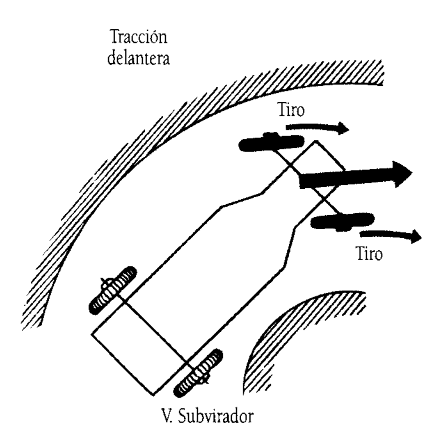


Figura 2.41.

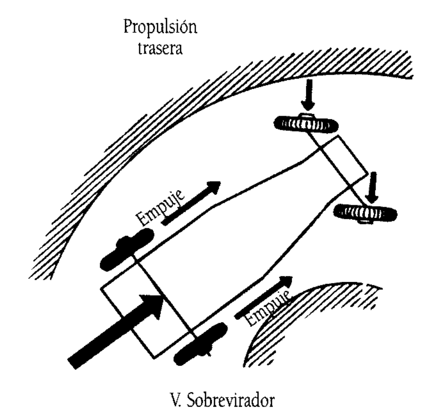


Figura 2.42.

9.2. Comportamiento del vehículo

Para trazar correctamente la trayectoria el conductor necesita conocer las peculiaridades del vehículo, sobre todo lo que respecta a la dirección.

Las ruedas traseras no describen exactamente la misma trayectoria que las delanteras, sino otra más recortada y abierta.

La trayectoria será más o menos cerrada cuanto mayor o menor sea el giro dado al volante. Pero también es preciso considerar el comportamiento del automóvil al efectuar los virajes de acuerdo con la desviación direccional que sufra (deriva).

Según el reparto de cargas y el desplazamiento de pesos, el centro de gravedad se trasladará hacia el eje delantero o trasero, produciéndose el fenómeno denominado subvirado y sobrevirado, respectivamente.

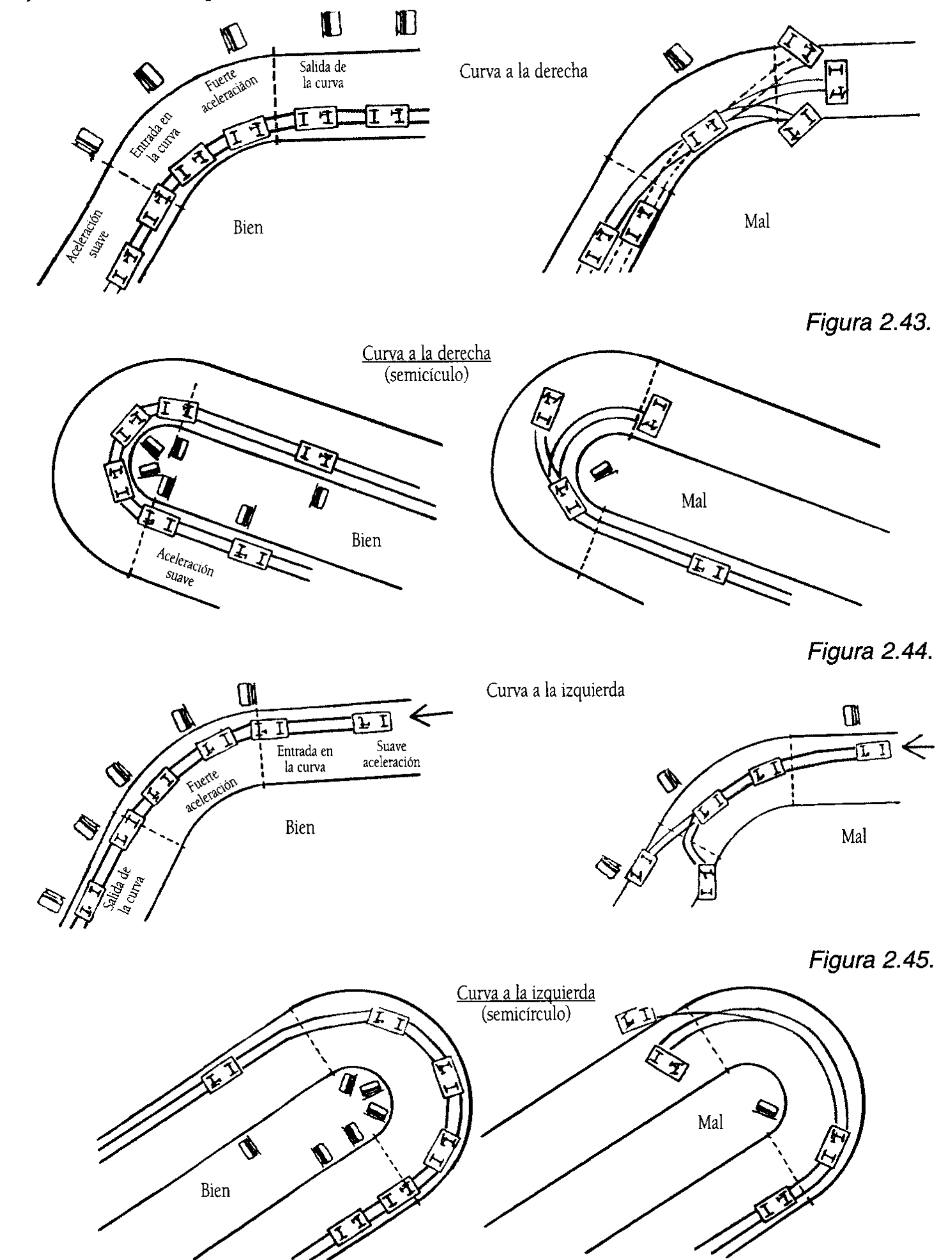


Figura 2.43.

Figura 2.44.

Figura 2.45.

Figura 2.46.

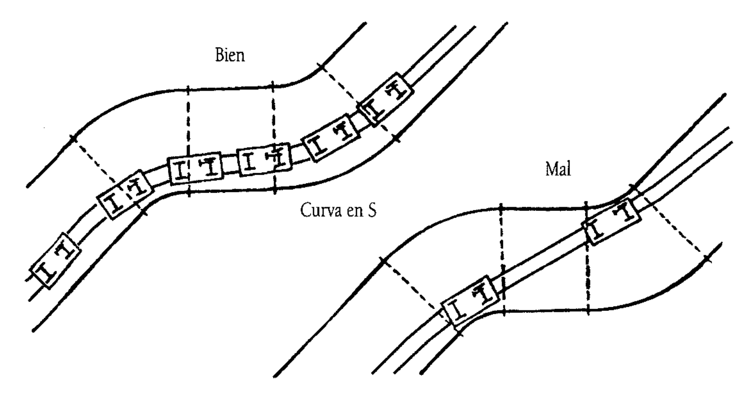


Figura 2.47.

- *Subvirador,* también llamado infravirador o sotavirador, es un vehículo con tendencia a abrirse en los giros, debido a la mayor desviación que sufre la parte delantera hacia el exterior, por lo que hay que obligar al volante (Fig.2.41).

Los automóviles que se comportan así, generalmente disponen de tracción y motor delanteros, y suelen tener mayor ángulo de deriva las ruedas delanteras.

- *Sobrevirador*, es cuando el vehículo tiene tendencia a cerrarse en los giros, debido a la mayor desviación que sufre la parte trasera hacia el exterior, por lo que la actuación sobre el volante ha de ser suave (Fig.2.42).

Los automóviles que se comportan así, generalmente disponen de propulsión y motor traseros, y suelen tener mayor ángulo de deriva las ruedas traseras.

Como la dirección actúa sobre el eje delantero, las desviaciones de éste son más fáciles de corregir que las del eje trasero. De ahí que se controle mejor el efecto subvirador que el sobrevirador.

Actualmente se tiende a fabricar los automóviles con un reparto de cargas ligeramente superior en el eje delantero; con ello se obtiene una mayor estabilidad direccional y se proporciona mayor comodidad al conductor.

9.3. Tipos de curvas

En cualquier vía es fácil encontrar curvas a derecha, izquierda y en "S" (sucesión de curvas a izquierda y derecha).

En cualquier caso conviene moderar la velocidad y tomarla por el exterior de la calzada, pero sin invadir el arcén.

La costumbre de algunos conductores de "recortar" la curva para virar menos el volante o no tener que disminuir la velocidad, es muy peligrosa especialmente en las vías de un carril para cada sentido.

En las figuras 2.43 a 2.47 se muestran las actuaciones correctas e incorrectas en el trazado de los diferentes tipos de curvas.

10. CONDUCCIÓN NOCTURNA

Cuando peor se ve es durante el crepúsculo, pues ni con los faros ni sin ellos hay visibilidad suficiente. Durante este corto espacio de tiempo en el que se circula a media

luz, conviene ir despacio, y en viajes largos aprovechar esta circunstancia para hacer una parada.

Circulando en plena noche el alumbrado de largo alcance o carretera suministra una potente luz que facilita la conducción propia, pero puede perjudicar, deslumbrando, directamente o a través del espejo retrovisor al vehículo contrario. Por ello es importante hacer un uso adecuado del mismo y un correcto reglaje, pues el haz variará de altura en función de la carga que se lleve en el vehículo.

Al cruzarse con otro vehículo que circule en sentido contrario con el alumbrado de carretera, no es recomendable "combatirle" con el alumbrado propio y sí avisarle con unas ráfagas; en todo caso es recomendable desviar la vista hacia el margen derecho, buscando como referencia la línea de borde, y disminuir la velocidad cuanto sea preciso para la seguridad propia.

Los catafaros y luces que llevan los vehículos en la parte trasera, no solo sirven para detectar la presencia de otro vehículo que preceda al propio, sino que ayuda para determinar las medidas aproximadas del mismo.

La velocidad a la que se debe circular es aquella que permita detener el vehículo dentro de la superficie iluminada.

La conducción de noche con niebla o lluvia fina es sumamente incómoda porque la luz de los faros forma una "pantalla" deslumbrante que estorba y llega a dificultar de forma considerable la visibilidad. Si no se dispone del alumbrado de niebla, con las luces de cruce se ve mejor que con las de carretera.

11. CONDUCCIÓN EN CONDICIONES ADVERSAS

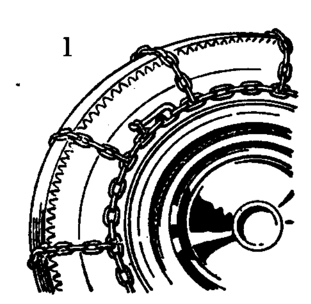
La disminución de visibilidad que provocan en general la niebla, la lluvia, la nieve, el hielo y el granizo, es un aspecto que hay que considerar cuando se vaya a circular bajo la influencia de alguno de estos agentes.

Una de las causas más frecuentes de la falta de visión es el empañamiento de las lunas y cristales, y el recubrimiento exterior de los mismos de hielo o nieve. Para evitar ambos inconvenientes se debe hacer un uso adecuado de los sistemas de aireación, así como frotar exteriormente dichas superficies con alguno de los productos que actualmente existen en el mercado.

Circular con la superficie de la calzada mojada, es otra dificultad más que habrá que tener en cuenta, pues:

• Las primeras gotas de agua forman un barrillo con el polvo y partículas de la calzada que hacen a ésta muy deslizante, dificultando la adherencia de los neumáticos.

• Si la capa de agua es considerable, cabe la posibilidad de que se produzca el "aguaplaning", dependiendo de la velocidad y de la profundidad del dibujo de los neumáticos



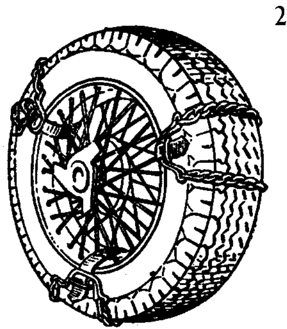


Figura 2.48.

• El riesgo de derrapaje en curvas, cambios de dirección y frenadas aumentará.

Si se va a circular por un tramo de carretera que está inundado, se deben seguir las siguientes recomendaciones:
• Elegir, si se conoce, la parte más alta; normalmente suele ser el centro de la calzada.
• Avanzar en primera tan lentamente como sea posible y procurando que no se cale el motor.
• Utilizar el medio-embrague, para que el motor gire con rapidez sin calarse y la velocidad de marcha sea lo suficientemente baja para no formar ondas o remolinos, que pueden alcanzar al tubo de escape e incluso al motor.
• Una vez franqueado el tramo, continuar a baja velocidad hasta que los tambores o los discos de los frenos se hayan secado. Esto se consigue accionando repetida y suavemente el pedal del freno.

Para circular con nieve o hielo existen una serie de accesorios que facilitan la tarea del conductor:
• Cadenas, que se deben colocar al menos en las ruedas motrices. Para saber cuales son éstas, se acciona el freno de mano y se intenta iniciar la marcha; si no se cala y patina, el vehículo es de tracción delantera, si se cala es de propulsión trasera.

Las cadenas "antideslizantes" (Fig.2.48), pueden ser completas rodeando la rueda como en 1, o bien colocando varios elementos (detalle 2) sobre cada rueda, solución rápida y sencilla[9].
• Sprays, a base de resinas sintéticas que se rocían sobre la banda de rodadura del neumático.
• Neumáticos con clavos, que son circulares, de cantos redondeados y que no deben sobresalir mas de dos milímetros.
• Neumáticos especiales muy duros, con hendiduras profundas para evacuar rápidamente la nieve.

El viento es otro agente que también hay que tener en cuenta, pues dependiendo de la intensidad y dirección con que sople, puede afectar a la forma de conducir.

El viento de costado puede dar lugar a accidentes si no se va atento y con el volante firmemente sujeto con las manos.

La presión lateral del viento da una componente que deforma las cubiertas y tiende a desviar la trayectoria del vehículo; aunque se corrige con la dirección, esto implica ya un "resbalamiento" de costado en las ruedas que disminuyen su adherencia y desgasta a los neumáticos. Al pasar ante un edificio grande, desmonte o cualquier obstáculo que sirva momentáneamente de pantalla entre el vehículo y la acción del viento, tenderá a irse hacia ese lado porque la dirección va ligeramente girada para contrarrestar el empuje citado, que ahora no es preciso. Si el obstáculo es producto del cruce con un vehículo voluminoso, puede sobrevenir la colisión, por lo que ante esta situación se debe circular a menor velocidad, dejando bastante separación lateral entre ambos. Al encontrarse a continuación la vía despejada de obstáculos, será preciso contener nuevamente con la dirección el empuje del viento.

Estos cambios con disminución de adherencia son más peligrosos sobre un piso mojado, por lo que en este caso se deberá circular con una velocidad moderada.

Por último, el viento también afecta al consumo dependiendo de si se lleva baca o no y si está cargada o vacía. Si sopla por detrás empujará al vehículo, disminuyendo el consumo, y si lo hace de cara aumentará.

12. PATINAZOS, DERRAPAJES Y REVENTONES

El vehículo patina o derrapa más fácilmente con asfalto mojado, en caminos polvorientos o con arena seca, haciéndolo generalmente en forma de "coletazos". La manera de corregirlos (Fig.2.49) es la siguiente: cuando el vehículo colea de 1 a 2, se gira la dirección en el mismo sentido del coletazo con lo que recobrará su orientación normal. Si, como puede parecer instintivo a quien no ha practicado esta grave eventualidad, cuando el vehículo colea de A a B (Fig.2.50), la dirección se gira en el sentido contrario C, el impulso del vehículo, ya girado, se apoya sobre las ruedas delanteras, atravesadas, con lo que aumenta el coletazo D, perdiéndose totalmente el control.

Jamás se debe frenar o pisar el embrague para corregir los patinazos, cuya única posibilidad de contenerlos y enmendarlos está en el hábil manejo de la dirección en la forma que se señaló en la figura 2.49.

Si el derrape se produce durante una frenada, inmediatamente hay que levantar por completo el pie del freno, para desbloquear o evitar el bloqueo de las ruedas.

Si el patinazo se produce sólo sobre las ruedas delanteras o simultáneamente con las traseras, se debe soltar el acelerador y no tocar la dirección hasta que el vehículo haya recuperado parte de su adherencia.

Cuando el pavimento está mojado, no conviene llevar las ruedas sobre los carriles del tranvía porque los patinazos son seguros y no se tendrá ningún dominio sobre el vehículo.

Aunque tanto el derrapaje como el deslizamiento, tendrán como causa última una velocidad inadecuada en relación con las circunstancias existentes, también pueden contribuir entre otros aspectos, los siguientes:

- Neumáticos desgastados o con una presión incorrecta.
- Freno desgastados, agarrotados o desequilibrados.
- No actuar con suavidad y progresividad con el acelerador y embrague.
- Dirección y sistema de amortiguación deficientes.

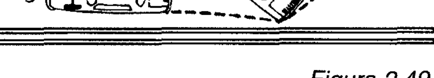


Figura 2.49.

El reventón aunque no es muy frecuente hoy en día, dada la constitución actual de los neumáticos, si ocurre se deberá a: circular con excesiva velocidad durante un largo recorrido y más en tiempo caluroso; por llevar una carga excesiva; o al circular por un pavimento muy deteriorado o con gran adherencia.

Ante esta situación la actuación correcta es: no accionar el freno; sujetar firmemente el volante con las dos manos; mantener recta la dirección del vehículo; levantar el pie del acelerador sin brusquedad; dejar que el motor detenga al automóvil y, cuando haya perdido velocidad, frenar suave y progresivamente; y por último, si el eje trasero se desplaza, girar el volante hacia el mismo lado que aquél, hasta conseguir recuperar la trayectoria deseada.

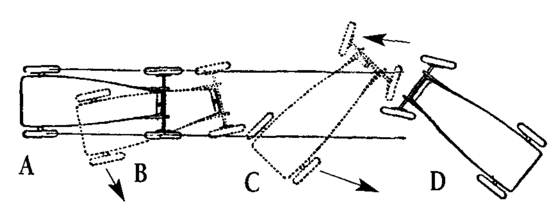


Figura 2.50.

Siempre es más peligroso reventar una rueda trasera que una delantera, pues al ir la carga normalmente desplazada en el eje trasero, se clavará en el suelo la llanta del neumático reventado y el vehículo pivotará sobre dicho punto, haciendo un trompo. Mientras que si ocurre en el eje delantero, siempre se podrá intentar, aunque no sea con la precisión deseada, controlar la dirección del vehículo, aunque vaya rodando una de las ruedas sobre la llanta.

13. CONDUCCIÓN CON REMOLQUE

En cuanto a la conducción de vehículos con remolque de carga, variable en función del tipo de enganche, habrá que atenerse a las limitaciones que sobre velocidades máximas, pesos y dimensiones establece el Reglamento General de la Circulación.

Puede ocurrir que a causa de una grave avería el vehículo se vea imposibilitado para continuar la marcha por sus propios medios, y sin embargo pueda rodar. En este caso, se puede recurrir a remolcar el vehículo con una grúa hasta el taller más próximo.

13.1. Remolcado circunstancial

En el supuesto, no permitido para circular por las vías públicas pero tal vez necesario en alguna ocasión, de tener que remolcar a otro vehículo, siempre y cuando los desperfectos que sufra el vehículo averiado no le afecten a la dirección o a los frenos, se deben tener en cuenta una serie de precauciones.

- Disponer de un medio físico para realizar el arrastre, por lo que es conveniente incluir entre el repuesto del automóvil una cuerda de cáñamo de media a una pulgada de grueso, y de unos ocho metros de longitud. Con las actuales fibras sintéticas se confeccionan unas cuerdas delgadas y ligeras que tienen una gran resistencia y ocupan poco espacio. El cable de acero es excelente desde el punto de vista de la resistencia, pero es incómodo de manejar y de atar. En caso de necesidad puede emplearse alambre en varias ramas para alcanzar la resistencia debida, pero no cadenas. Lo mejor sería una barra rígida que arrastra y a la vez contiene al vehículo remolcado.

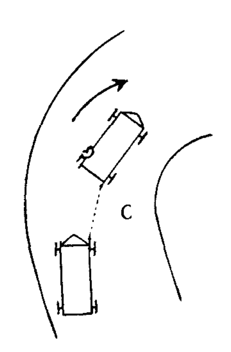


Figura 2.51.

- Los puntos de unión más cómodos para efectuar el remolcado son: la mano posterior de la ballesta derecha trasera para el vehículo que tira, y la mano de la ballesta delantera derecha para el vehículo remolcado (Fig.2.51). Esto en el caso de que la suspensión sea por ballestas semielípticas, que tengan la citada mano y no haya un gancho especial para tal fin, que es lo más recomendable y seguro. Conviene que la cuerda se coloque al lado derecho de los vehículos para que se encuentre siempre lo más retirada posible del centro del camino.
- La distancia entre los vehículos será de 4 a 7 metros, según tamaño.
- Los dos conductores deben convenir una señal para llevar a cabo la parada o llamar la atención.
- El arranque debe ser muy suave y progresivo. Para ello el conductor remolcado, desde el puesto de conducción, comprobará que la palanca de cambio está en punto muerto y el freno de mano suelto. El conductor que remolca arrancará con su vehículo muy despacio, y cuando oiga la señal de atención del otro conductor al atirantarse la cuerda, extremará la precaución para que sea muy progresiva la tracción que por la cuerda va a ejercerse sobre el vehículo remolcado.
- Los cambios de velocidad se harán embragando progresivamente para evitar sacudidas en

la marcha, y toda variación en ésta ha de ser lenta, sobre todo al disminuirla, para evitar que el vehículo remolcado se eche bruscamente encima, con lo que se aflojaría la cuerda y puede, que al pisarla con las ruedas delanteras, se líe sobre el eje y dañe los mecanismos de dirección, freno o suspensión.

Los virajes deben tomarse algo abiertos, es decir, alejándose discretamente del lado interior de la curva, para que el vehículo remolcado no se encuentre arrastrado de lado, con riesgo de irse a la cuneta o bordillo. El método correcto de operar se ve en la figura 2.51.

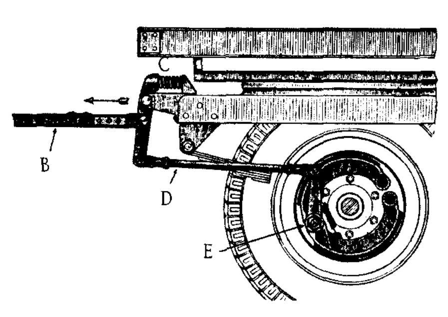


Figura 2.52.

- El conductor del vehículo remolcado debe ocuparse de mantener siempre la cuerda tirante, para lo cual frenará ligeramente en cuanto note que se afloja. En cuesta abajo meterá una velocidad, si la clase de avería que sufre se lo permite. El conductor que remolca debe avisar al remolcado su propósito de frenar o disminuir la marcha pisando ligeramente el pedal del freno para que se encienda la luz de "pare", y no debe soltar de repente el acelerador para que el otro no se le eche encima.

Cuando se tenga que pasar por varios cruces de caminos o por el interior de una población, es conveniente colgar trapos blancos de día y luces de noche, en la cuerda de remolque, para hacerla bien visible.

13.2. El freno del remolque

Los remolques de los turismos no suelen tener frenos, por su relativa ligereza; pero en los de los camiones, si son grandes, llevan freno de aire comprimido, y si son medianos o pequeños conviene que el enganche sea del tipo autofrenador (Fig.2.52): mientras el vehículo motor tira del remolque, la propia barra de tracción B tira también de la varilla D, liberando el freno E; pero cada vez que se frena el vehículo tractor y tiende a echarse encima el remolque, la varilla D corre a la derecha y aprieta el freno de éste. Lo mismo sucede si se rompe el enganche, entonces el resorte C aprieta el freno inmovilizando el remolque.

14. CONDUCCIÓN DE CAMIONES Y AUTOBUSES

Las diferencia genéricas entre este tipo de vehículos y los turismos, se puede decir que son:

- Su mayor volumen, lo que requiere un conocimiento del espacio que ocupan en todo momento, y del que se necesita para realizar las distintas maniobras.
- Su mayor peso, a lo que deben su denominación vulgar de vehículos pesados.

Aunque la conducción de camiones y autobuses responde a las mismas leyes físicas y mecánicas que la conducción de un turismo, no es menos cierto que su poder destructivo (energía cinética acumulada), el número de personas transportadas y sus características peculiares obligan a sus conductores a unos mayores niveles de responsabilidad y conocimientos.

Hay algunos aspectos muy particulares que afectan a estos vehículos o a su conducción como son: la necesidad de tener que incorporar un tacógrafo, pues con este instrumento y sobre un disco de papel, se pueden interpretar datos como la distancia

recorrida durante el servicio, velocidades y revoluciones desarrolladas puntualmente, tiempos de trabajo y descanso, etc.; sus conductores deben poseer unos conocimientos sobre la reglamentación del vehículo y el transporte nacional e internacional, que no precisan los demás conductores; tienen una reglamentación específica sobre tiempos de conducción y descanso; y si el resto de conductores consideran la conducción del automóvil como un medio de locomoción, ellos lo contemplan como una verdadera profesión.

Los factores que condicionan la conducción de estos vehículos son:

- La carga, en función del peso, distribución y estiba, y de la clase que sea.
- La imposición a circular por determinados lugares o carriles, y la imposibilidad de hacerlo determinados días por algunas vías.
- La aparición del "fadding" puede sobrevenir antes por ser mayor la energía cinética que desarrollan.
- Las grandes medidas exteriores condicionan su circulación y maniobras.
- La capacidad de respuesta en los adelantamientos o ante una frenada de emergencia.

15. CONDUCCIÓN TODO TERRENO

Al igual que un vehículo normal, tiene una palanca de cambio para seleccionar las velocidades de marcha, y como vehículo "todo terreno", dispone también de una palanca u otro dispositivo para el mando de la doble tracción y otra para el gobierno de la caja reductora.

La doble tracción se puede introducir estando el vehículo en movimiento, con la condición de que no se vaya en ese momento a más de 50 Km./h. y el vehículo circule en línea recta. Se aconseja el uso de la doble tracción cuando la lluvia haga deslizante el piso, con nieve ligera o hielo, con barro y en praderas o caminos de tierra firme; es decir, en cualquier terreno que pueda resultar deslizante. Una vez superadas las circunstancias que obligaron a poner la doble tracción, para volver a la posición normal es preciso detener el vehículo.

Para introducir *la reductora* se debe detener totalmente el vehículo, incluso estando sobre una pendiente se debe utilizar el freno de mano para obtener la inmovilización total. Al introducir la reductora, por medio de un mecanismo interior, se realiza el acoplamiento de la doble tracción, ya que la multiplicación de la fuerza de salida que supone la reductora, lo hace aconsejable para evitar daños si se carga a un solo eje.

Cuando se selecciona la reductora por medio de palanca, dispone de una posición de punto muerto que se encuentra situada a mitad de su recorrido, sirviendo para anular el engranaje de los ejes delantero y trasero, y así dar salida a la toma de fuerza, desde donde se puede accionar compresores, generadores, etc.

El uso de la reductora es aconsejable cuando sea necesario bajar o subir fuertes pendientes, circulando por campo a través, en terreno rocoso, con sobrecarga en desniveles y en aquellas circunstancias en las que no es posible conducir el vehículo a una velocidad superior a 20 Km./h.

Para sacar la reductora y volver a las marchas normales es preciso detener totalmente el vehículo.

No es necesario utilizar la marcha atrás con reductora, pues la desmultiplicación que tiene en velocidades normales es suficiente para salir en las condiciones más variadas.

16. CONDUCCIÓN DE UN AUTOMÓVIL NUEVO

Un automóvil nuevo o recién ajustado necesita conducirse con ciertas precauciones de las que depende principalmente el resultado que más adelante se obtenga de él. En efecto, los cojinetes y piezas frotantes tienen un ajuste muy apretado, y para que todos los órganos en movimiento adquieran los huelgos necesarios hay que rodarlos inicialmente con suavidad, so pena de que los adquieran irregularmente o incluso se produzcan averías por calentamientos parciales. Deben evitarse los cambios bruscos en la temperatura de funcionamiento y en la carga o esfuerzo del vehículo.

Aunque actualmente los motores ya vienen rodados en bancos de trabajo, es bueno tomar una serie de precauciones, por lo menos hasta que se le haga la segunda revisión o se haya circulado con el automóvil unos 10.000 kilómetros:

- No apurar las velocidades máximas que permitan cada relación de marchas.
- No llegar en ningún momento a la banda roja del reloj cuentarrevoluciones.
- Evitar circular con el vehículo excesivamente cargado en largos recorridos.
- Respetar el manual de mantenimiento del fabricante, haciendo las revisiones indicadas.
- Revisar periódicamente los niveles y temperatura del motor, para detectar anomalías.
- No llevar el motor despacio apurando las marchas ni aun con pocos gases, sino que se debe cambiar para que gire siempre a más de 1.000 rpm, pero sin pasar de la mitad del régimen máximo normal.
- No frenar fuerte, porque el calor deforma los tambores antes de "sentarse" los forros.

17. DISTANCIA DE SEGURIDAD

Como norma general se debe mantener una distancia prudencial con respecto al vehículo precedente (de unos dos segundos aproximadamente), que permita detenerse sin alcanzarlo, si éste disminuye su velocidad o se detiene repentinamente, teniendo en cuenta especialmente la velocidad y las condiciones de adherencia y frenado.

Los vehículos con peso máximo autorizado superior a 3.500 Kg. y los vehículos o conjuntos de vehículos de más de 10 metros de longitud total, deberán guardar a estos efectos, una separación mínima, con carácter general, de 50 metros.

No obstante, *la distancia de seguridad* que se debe guardar depende de varios factores, como:

- Respecto al conductor: tiempo de reacción; pericia y estado psicofísico.
- Respecto al vehículo propio: eficacia de los frenos; estado de la suspensión; velocidad; estado, presión y dibujo de los neumáticos; peso tamaño y forma; carga y su distribución.
- Respecto a la calzada: estado; adherencia e inclinación.

Pero en todo caso, habrá que considerar la distancia de reacción y de detención que se vaya a recorrer como mínimo.

La distancia de reacción, es la que recorre el vehículo en el transcurso del tiempo de reacción. Un cálculo aproximado se obtiene multiplicando por tres la decena de la velocidad, expresada en kilómetros por hora.

El tiempo de reacción, es el que transcurre desde que el conductor percibe un obstáculo hasta que reacciona y decide lo que va a hacer (frenar, acelerar, etc.). Este tiempo depende de: la edad, reflejos, fatiga, sueño, etc., y su duración oscila entre tres cuartos y un segundo.

La distancia de frenado, es la que se recorre desde que se apoya el pie en el pedal del freno hasta que se detiene totalmente el vehículo, o también el espacio recorrido durante

el esfuerzo frenante, que es igual y opuesto a la fuerza de inercia del vehículo, sin tener en cuenta la acción de la resistencia del aire, del motor o del rozamiento.

Esta distancia depende de: la carga; del tanto por ciento de desnivel de la vía; de la velocidad y aceleración; de la eficacia de los frenos, etc.

La distancia de detención o parada técnica, es la suma de la distancia de reacción y la distancia de frenado. Un cálculo aproximado se obtiene multiplicando la decena de la velocidad en kilómetros por hora, por sí misma.

Luego la distancia de seguridad que se debe llevar con respecto al vehículo precedente, nunca debe ser inferior a la distancia de detención, para que ante una frenada fortuita no se llegue a colisionar con aquél.

18. CONDUCCIÓN ECONÓMICA

Es sabido que la velocidad encarece notablemente el coste de funcionamiento del vehículo, no solo por el mayor consumo de combustible sino también por el mayor desgaste de los neumáticos.

Se han efectuado y contrastado repetidas pruebas para conocer la cuantía del encarecimiento a medida que aumenta la velocidad, y el resultado de todas ellas se resume en la figura 2.53, expresión gráfica del promedio de experiencias realizadas en varios países sobre vehículos de tipo americano.

Para automóviles pequeños del tipo clásico europeo de alrededor de un litro de cilindrada (6 a 10 caballos fiscales) sirve la misma figura, pero la escala de velocidades debe rebajarse en 10 kilómetros, es decir que la marcha más conveniente es de 40 Km./h. en vez de 50, etc.

Los gastos de mantenimiento se dividen en tres partes: gastos generales (garaje, impuestos, seguro, cambios de aceite y filtros, etc.); de amortización; y gastos de uso propiamente dichos o de consumo (combustible, neumáticos, aceite y reparaciones).

Los gastos generales son sensiblemente fijos, pero los de amortización y consumo dependen principalmente de la velocidad, y aun dentro de ésta influye mucho la manera de conducir: las aceleraciones brillantes, frenadas fuertes, curvas tomadas a elevada velocidad, etc., encarecen aún más el sostenimiento del automóvil, mientras que la conducción moderada y suave, con variaciones de velocidad sin pisar a fondo ni frenar bruscamente, disminuyen notablemente los gastos de consumo.

Del mismo modo, un buen entretenimiento del vehículo puede rebajar gradualmente la depreciación del mismo al venderlo, y obsérvese como la amortización del vehículo es una partida muy interesante.

En la gráfica de la figura 2.53, para cada partida se indica el consumo creciente con relación al de 50 Km./h., tomado como unidad de comparación. Por ejemplo, el gasto de combustible es vez y media mayor a 110 km./h. que a 50; y a esa velocidad también se gasta el aceite el triple. Los gastos de neumáticos, reparaciones y aceite son dobles a 80 Km./h. que a 50; lo cual sucede en los pequeños automóviles europeos a 70 Km./h. con relación a la velocidad de 40 Km./h.

La marcha lenta a velocidades cortas resulta bastante cara en combustible y en desgaste del motor.

De la experiencia se desprende, pues, que hasta los 80 ó 90 Km./h. en los automóviles grandes y los 70/80 en los pequeños con una conducción suave, sin bruscas aceleraciones ni frenadas, el coste del kilómetro se mantiene dentro de límites muy razonables; pero al pasar de aquéllas, sobre todo si la conducción es brillante con magníficos reprises y poderosas frenadas, el coste por kilómetro aumenta rápidamente.

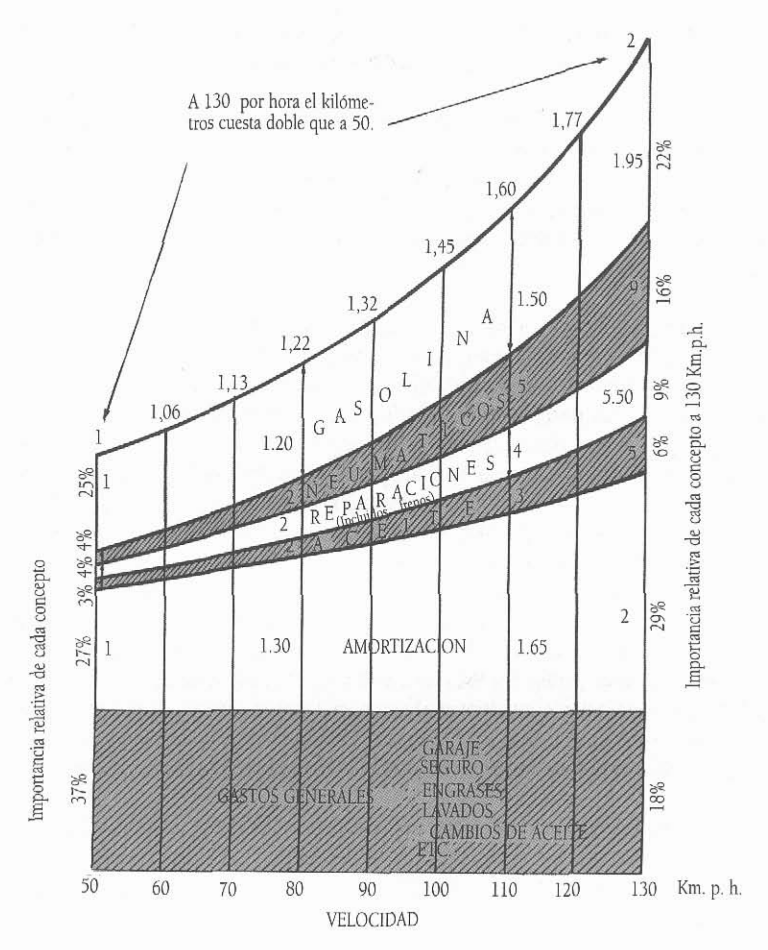


Figura 2.53.

En bastante mayor proporción crece el riesgo, pues no hay que olvidar que, excepto las autopistas que están construidas exprofeso, las carreteras actuales son las antiguas, con mejor pavimento, pero sólo levemente retocadas en su difícil y complejo trazado.

Notas

1 **Una de las principales modificaciones** es el lado al que está situado el volante de la dirección; en los automóviles americanos y en la mayoría de los europeos se encuentra situado a la izquierda, en tanto que en los ingleses e irlandeses, entre otros, va al lado derecho. La razón principal de esta diferencia estriba en el lado por el que se circula en los diferentes países. No obstante, la mayoría de los fabricantes hacen las correspondientes modificaciones para adaptar sus modelos a los diferentes mercados, con el volante situado a la izquierda o derecha según sea la circulación en el país de destino.

3 **Modernamente**, muchos fabricantes aconsejan iniciar el movimiento del vehículo casi en seguida, con tal de no acelerar el motor ni forzarlo en los primeros kilómetros de recorrido.

4 **Cuando se usa el motor como freno** no debe cortarse el encendido, porque, estando cerrada la entrada de gases al cilindro durante la admisión, el vacío que produce el émbolo en su carrera descendente provoca una subida de aceite por entre las paredes del cilindro y los segmentos, aceite que engrasaría las bujías si no siguiera saltando en éstas las chispas que lo han de quemar.

Se prescinde aquí de los motores que llevan un dispositivo especial para frenar comprimiendo aire (Saurer).

5 **Por ejemplo**, supóngase un vehículo circulando con la tercera introducida, cuyo motor tiene la velocidad de máxima par a 3.600 rpm, y a esta velocidad del motor alcanza en tercera una velocidad de marcha de 100 Km/h., en segunda 60 Km/h., y en primera 30 Km/h. Si se circula por terreno llano, el vehículo puede descender a 40 Km/h. y aun a menos, sin abandonar la tercera; es más algún automóvil, podría marchar en tercera a 20 Km/h. sin sacudidas en el motor (si no se pisa a fondo el acelerador). Pero en este caso el motor girará sólo a unas 700 rpm, siendo la potencia real casi la quinta parte que a la velocidad de máximo par motor.

No obstante, conviene ser más generoso en el uso de la caja de cambios, e ir pasando a una velocidad inferior siempre que sea preciso, en vez de agotar la velocidad superior a la que se venía circulando, de manera que se intente conservar el motor siempre lo más cerca posible de su velocidad de máximo par motor (3.600 rpm en este caso). Así es como se consiguen las más altas velocidades medias sin forzar el consumo de combustible ni desgastar el motor (que es máximo cuando gira despacio a plenos gases). En resumen, si la velocidad del vehículo disminuye en llano porque se quiere, pueden apurarse las velocidades a pocos gases, pero si disminuye porque se circula cuesta arriba, se debe cambiar a la velocidad inmediatamente inferior en cuanto la marcha baje del valor que se obtiene en esa combinación con la velocidad de máximo par motor.

6 **Esto es** porque funcionando el motor así la aspiración no tiene fuerza para traer la gasolina desde el depósito (ahora también más abajo), y se descebará la nodriza. Lo que se debe hacer es soltar el pedal del acelerador de vez en cuando o, mejor, llevar el motor a su velocidad de régimen, descendiendo a las combinaciones inferiores de la caja de cambios.

7 **El fadding** se produce cuando el ritmo de generación de calor es mayor que la absorción por el medio ambiente, originándose entonces un calentamiento de los frenos con la consiguiente pérdida de eficacia.

8 **El frotamiento de la carrocería con el aire**, al circular con cierta velocidad, produce una carga de electricidad estática en el vehículo que puede descargarse en forma de chispa en el momento de acercar el tubo metálico del surtidor para repostar combustible (algunos incendios se han producido por esta causa, especialmente en vehículos grandes y en tiempo seco). Por ello, conviene que las mangas de los surtidores tengan colgando una cadena de cobre con la que tocar previamente la carrocería u otro dispositivo, para descargar dicha electricidad a tierra. Análoga carga eléctrica se produce en las personas con el roce de sus ropas en las modernas tapicerías de plástico y nylon.

9 **El empleo de estos medios** antideslizantes se reducirá a lo indispensable por ser perjudiciales para las cubiertas de las ruedas, sobre todo si se circula por una superficie dura.

TERCERA PARTE
APÉNDICES



Apéndice I

La Compra del Automóvil Usado

1. GENERALIDADES

El conocimiento de las materias expuestas hasta aquí, especialmente la reseña de averías relatadas al final de cada capítulo, y el dedicado a su investigación general, serían base suficiente para discernir con conocimiento de causa sobre el estado de un automóvil; pero, en el supuesto de que el comprador sea todavía un profano, se redactan las normas siguientes, en las que se evita todo tecnicismo y se trata el tema de la compra de un automóvil usado desde el punto de vista de estricta vulgarización práctica.

Cuando se decide poseer un automóvil, hay muchas y buenas razones para comprarlo de "segunda mano". Los que lo van a conducir y cuidar personalmente prefieren entrenarse sobre uno de ocasión, pues los errores del aprendizaje, caso de haberlos, saldrán más baratos. La compra de uno de "segunda mano" reduce el presupuesto de adquisición y abarata el kilómetro de recorrido, puesto que se deprecia menos un automóvil usado que otro nuevo, como puede verse en el cuadro inserto más adelante. Finalmente, por el mismo dinero que un automóvil nuevo corriente, se puede adquirir uno de buena marca, en beneficio de la "presencia" e incluso del resultado, por la mejor calidad mecánica del automóvil caro. Y son éstos, precisamente, los que más económicamente pueden adquirirse, en proporción a su valor de nuevos.

A pesar de que todas las recomendaciones que se exponen a continuación no están de más, hoy en día la compra de un vehículo de segunda mano está, prácticamente, garantizada por los concesionarios o distribuidores oficiales.

2. EL VENDEDOR, COMERCIANTE ESTABLECIDO

Pero hay un recelo general: "¿Cómo sé que automóvil que compro está en buenas condiciones? ¿No me engañará el vendedor?". Si éste es un comerciante que tiene tienda abierta dedicada a este negocio no es probable que le interese engañar a fondo a sus compradores para desacreditarse y, a la postre, salir perdiendo. Las casas importantes tienen que tomar a cambio automóviles usados, que suelen vender bien repasados, aunque algo más caros: les interesa hacerse con un cliente que, si de momento adquiere un automóvil usado,

caso de quedar satisfecho con la compra, cuando tenga que hacer otra volverá a la misma casa y entonces se tendrá la oportunidad de venderle uno nuevo.

También se puede hacer una buena adquisición si se conoce al propietario del automóvil en venta, bien por ser amigo o por referencias que informen con garantía sobre el cuidado puesto en su automóvil y las causas por las que lo vende, no vaya a ser que lo haga porque "le tiene harto".

Resulta más económico pagar más dinero en una tienda acreditada que comprar gangas sin otra garantía que la credulidad del que mide a los demás por su propia buena fe.

3. ELECCIÓN DEL MODELO

- A. Delimitado así el mercado, la elección del modelo de automóvil depende de los gustos, necesidades y bolsillo del comprador. Fijada la cantidad máxima que está dispuesto a invertir, debe deducir el importe de los impuestos y transferencias. Como la transacción puede tramitarse por una Gestoría o Agencia especializada, en ella le informarán de la posible cuantía. Asimismo se reservará no menos de un 10 por 100 para pequeñas reparaciones o retoques, casi siempre inevitables cuando un automóvil cambia de dueño.

- B. Después viene el uso para el cual se compra:

1) Recreo. Es el que menos dificultad ofrece porque es señal de buenas disponibilidades y, por tanto, habrá mucho donde escoger a gusto.
2) Excursiones, viajes cortos (hasta 100 a 150 kilómetros). Sirve bien un automóvil mediano, de discreta potencia.
3) Viajes superiores a 150 kilómetros. Conviene un automóvil confortable, relativamente amplio (depende de la familia y equipajes) con motor más bien potente para viajar descansado.
4) Negocios o servicios urbanos. Está indicado el automóvil pequeño, de fácil aparcamiento.
5) Acudir al trabajo desde la vivienda situada en la periferia de la gran ciudad. Automóvil pequeño.
6) Viajante de comercio o análogo. Vehículo mediano o amplio, según la longitud de la ruta y volumen de muestrarios y mercancías.

En los casos más corrientes, de uso mixto (por ejemplo: trabajo con excursiones o viajes los días libres y las vacaciones), predominarán las condiciones que más se dejarán sentir en el uso.

- C. Respecto a la carrocería (las figuras se refieren al capítulo "Introducción"), conviene recordar que:

Los "sedán cuatro puertas" (Fig. 14) son los preferidos por su comodidad en el uso.

Los "dos puertas" son adecuados para los que llevan el automóvil por sí mismos en su trabajo (médicos, representantes, etc.) y sólo eventualmente con más de un acompañante en excursiones o viajes. Son especialmente recomendados para llevar niños que pueden ir en el asiento posterior sin riesgo de que abran inoportunamente las portezuelas.

El cupé (Fig. 15) está más indicado para conductores o parejas solitarias; se deprecia más que los otros.

La limousine (Fig. 17) está indicada para ir siempre conducida por el conductor asalariado.

Los cabriolet o convertibles (Fig. 16) son automóviles de lujo o capricho, poco prácticos

por el clima (viento, sol, lluvia), y algo inseguros por la escasa o nula protección en caso de accidente. Se suelen depreciar bastante.

El familiar (Fig. 18) y el monovolumen (Fig. 21) son muy prácticos para familias numerosas y para los que llevan abundante equipaje.

El todo terreno (Fig. 19) es un vehículo muy extendido en la actualidad, tanto por su versatilidad como por las posibilidades que ofrece.

El fastback (Fig. 20) es un tipo de turismo de la clase alta, muy cómodo para los largos recorridos.

- D. Los automóviles grandes, con motor proporcionado, gastan más gasolina, más cubiertas y más seguro e impuestos; en cambio, se adquieren relativamente baratos. Conviene a los que hacen largos viajes por carretera, pues permiten desarrollar buenas velocidades medias sin abusar del motor, que se resentiría en un automóvil pequeño a fuerza de "pisarlo a fondo". El mayor consumo se compensa con la mayor duración del automóvil, mejor preparado para los "grandes recorridos".

3.1. Marcas difundidas

No conviene tener prejuicios acerca de las marcas. Actualmente todos los automóviles fabricados en países donde hay competencia son buenos, en general. Cada marca ofrece por lo que cobra todo lo que puede dar; pero sí deben preferirse la más extendidas en el mercado local: son las mejor conocidas en los talleres, las piezas de recambio son fáciles de adquirir y siempre habrá "agentes" que velen por la satisfacción de los usuarios de la marca.

De vez en cuando se pone de moda un determinado modelo de automóvil, sobre todo entre los pequeños, por el acierto de su construcción; se nota en la cantidad de ellos que se ven rodar y porque se pagan más en la reventa. A pesar de esto último, vale la pena pagar algo por la buena fama; pero sin excederse, porque las ventajas de una marca sobre otra no llegan a ser decisivas.

Aun dentro de una marca difundida deben evitarse los modelos que no hayan sido sancionados favorablemente en la práctica.

No es aconsejable comprar un modelo que haya cesado el fabricante en su producción, ni un automóvil cuya edad pase de diez a doce años en América, o de doce a quince en Europa. Se exceptúa, naturalmente, el caso en que coincidan el buen estado relativo del vehículo, y su precio francamente atractivo, con la escasez de las propias disponibilidades y la abundancia de conocimientos mecánicos y de paciencia con que afrontar las probables averías.

La sobremarcha (overdrive) es aconsejable en las cajas de tres velocidades. No así los cambios automáticos, a no ser que en la localidad existan repuestos abundantes y mecánicos expertos en sus reparaciones y ajustes.

4. UNA IDEA SOBRE EL PRECIO

Para formarse idea del precio se da a continuación una tabla de valores referida al tamaño de los motores (cilindrada), que suele corresponderse con los automóviles baratos y caros, y al tiempo que llevan en uso o a su vida en kilómetros recorridos. Son valores medios de simple orientación, pues el precio de los "segunda mano" depende, además, de la época del año (en primavera son más caros que en otoño; los mejores meses para comprar son los de noviembre a febrero), del favor gozado por la marca y modelo, de la forma de la carrocería (los cabriolet son más baratos porque son pocos los aficionados a la capo-

VALOR de un automóvil, en tanto por ciento del coste nuevo, AL CABO DE:	CILINDRADA DEL MOTOR		
	De 500 a 1.000 cc.	De 1.000 a 2.000 cc.	Más de 2.000 cc.
	%	%	%
1 año ó 12.000 Km.	80	75	70
2 años ó 25.000 Km.	70	70	65
3 años ó 40.000 Km.	65	60	55
4 años ó 50.000 Km.	55	55	50
5 años ó 60.000 Km.	50	50	45
6 años ó 75.000 Km.	40	40	40
7 años ó 85.000 Km.	30	35	35
8 años ó 100.000 Km.	20	25	30

ta o "paraguas del automóvil"); de la conservación, muy importante, pues un automóvil cuidado con esmero estará a los 40.000 kilómetros mejor que otro a los 15.000 tratado con descuido, y del grado de uso de los neumáticos.

En el desgaste de un vehículo influye mucho el servicio prestado, pues el callejeo con frecuentes paradas avejenta los mecanismos más que el triple kilometraje hecho en excursiones y viajes por carretera, salvo que en estos se haya forzado al vehículo.

La desvalorización es menor ahora que hace 20 ó 30 años, seguramente por la calidad alcanzada.

Se supone que el vehículo está razonablemente conservado, que tuvo la debida reparación cuando por desgaste la necesitaba, y que el estado de la carrocería por dentro y fuera es más o menos viejo, aunque decoroso, sin reciente tapizado y pintura, pero tampoco precisándolos con urgencia.

La orientación citada presupone una época normal de oferta y demanda, con libertad de mercado en automóviles nuevos. Como precio de nuevo debe tomarse el del modelo equivalente en la actualidad. Si hay dificultades en el comercio de automóviles nuevos los precios de los "segunda mano" se elevan considerablemente, sin que pueda darse una norma para su cálculo. Lo mejor será darse unas vueltas por las tiendas y garajes donde los ofrecen en venta para conocer la tónica del mercado y formarse una idea aproximada de las cotizaciones.

Debe pedirse el Permiso de Circulación (cartón de matrícula) del automóvil elegido y comprobar: la fecha en que se expidió para juzgar sobre la edad del vehículo, el número del motor, y propietarios que ha tenido, quiénes fueron y durante cuánto tiempo (por si pudiera pedirse información de por qué lo traspasaron). Un automóvil que estuvo de alquiler no debe comprarse si fue taxi, y sólo después de un minucioso examen si trabajó como "gran turismo".

También conviene comprobar que está al corriente del pago de impuestos, aunque influye más el seguro, pues si éste ha caducado o está próximo el vencimiento de la prima, hay que hacer un desembolso adicional. La cuantía de un seguro a todo riesgo(1) sin límite para responsabilidad civil es, el gasto fijo más importante en el sostenimiento del vehículo, pero sería una imperdonable torpeza no asegurarse, además de ser obligatorio.

En la Tabla se cita el número de kilómetros recorridos por el automóvil; éste es un dato que muy pocas veces podrá tenerse en cuenta porque la indicación del cuentakilómetros puede falsearse con facilidad ... y se falsea. No debe hacerse caso de ella, excepto si se conoce al dueño del automóvil o se trata de uno seminuevo (modelo reciente, matriculado hace poco); pero aun así convendrá comprobarlo en lo posible. Por ejemplo: si el contador marca menos de 20.000 kilómetros, todas las cubiertas deben ser las de origen (acaso una, no; porque ha de darse un margen para un reventón), o sea, de la misma marca y con números parecidos, ya que un juego de cinco neumáticos dura más de dicho recorrido. Si con aquella cifra las cubiertas aparecen casi nuevas, lo probable es que sea un segundo juego, por haber conducido a gran velocidad, y si las gomas son de marcas variadas, deben añadirse 100.000 kilómetros a los que diga el vendedor y además, sospechar un trato descuidado al vehículo.

5. EXAMEN EN EL GARAJE

Decidida la compra, antes de examinar el vehículo se buscará un garaje, taller o estación de servicio donde le alquilen o permitan usar el foso o el elevador de engrase, para examinar los vehículos cuyos vendedores no ofrezcan o dispongan de tales servicios, con objeto de realizar las pruebas 34 a 37 que más adelante se indican. También debe tenerse previsto el recorrido a efectuar para la prueba en carretera. Conviene elegirlo de unos 15 a 20 kilómetros con buen pavimento y poco tráfico, en el que haya algunas pendientes fuertes y en sus cercanías un trozo de camino mal pavimentado para probar la suspensión.

Si el automóvil es potente y de precio elevado, puede alargarse el recorrido a los 40 ó 50 kilómetros. Se llevará cargado; por lo menos irán tres personas: el comprador, su acompañante y el vendedor.

Una vez elegido un automóvil por su aspecto, marca, precio y condiciones, procede un examen detenido para asegurarse de que su estado responde a las seguridades ofrecidas por el vendedor. Este examen debe hacerse en dos partes: la primera en el garaje, a automóvil parado y con buena luz; la segunda mediante un recorrido en carretera. Como ambas deben ser realizadas con seguridad y rapidez, para no perder tiempo ni hacérselo perder al vendedor, a continuación se expone un esquema ordenado de las pruebas a realizar, en el supuesto de que el que las va a hacer no es un técnico (aunque debe ir y vaya acompañado por un entendido), sino una persona exenta de conocimientos mecánicos que sólo busca en el automóvil un servicio o un placer. Estas normas tienen solamente por objeto ayudar al profano, protegiéndolo de un mal negocio o de un consejo poco acertado.

Conviene ir acompañado de otra persona para las comprobaciones y disponer de una lámpara eléctrica para examinar los rincones oscuros. Todas las pruebas deben realizarse rápidamente, sin comentarios en voz alta y, sobre todo, sin discutir con el vendedor. Cuando el examen llegue a un punto en que ya no satisfaga, no debe perderse el tiempo ni dar lugar a una discusión "técnica".

5.1. Aspecto exterior

El buen estado de la carrocería puede ser síntoma de buen cuidado mecánico, pero no es una prueba decisiva.

1. Visto el automóvil de frente no debe aparecer vencido hacia un lado. Del estado de la suspensión se dará una idea balanceando la carrocería con fuerza: los chirridos son señal de mal entretenimiento. Al soltar la carrocería, si los amortiguadores están en buen estado, deben inmovilizarla después de una oscilación o poco más.

2. Vale más que la pintura esté un poco mate a que su brillantez denote un repintado reciente para ocultar algo. No debe presentar abolladuras ni rebababas o señales de soldadura. Ligeros rasponazos no importan; en cambio, interesa observar los costados y techos con luz rasante (mirando tangente a las superficies a contraluz): se nota perfectamente la falta de lisura si la chapa ha sufrido una gran reparación, cosa que se confirma pasando los dedos por la superficie sospechosa.
   Examínense los bordes y cercos de las puertas, sobre todo los inferiores, en busca de huellas de anteriores pinturas; también pueden levantarse con la punta de un destornillador las gomas que rodean el parabrisas y los cristales movibles de las ventanillas, si los hay.
   Este examen de la pintura sirve para conocer el estado de la carrocería, que no debe presentar agujeros, desgarros, ni ostentosas señales de óxido.

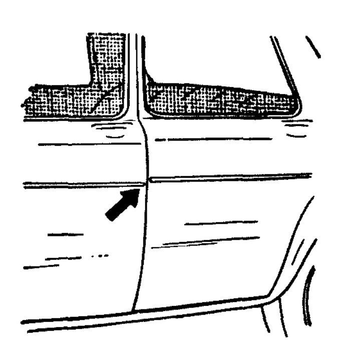


Figura A.1.

3. Observe los estribos, si los hay; por el lado que se sube y se apea el conductor no deben presentar gran desgaste, indicador de mucho uso. Pero si están nuevos o tienen suplementos recién colocados, desconfíe: también los automóviles se "maquillan".
   Quite los embellecedores o tapacubos y vea el estado de sujeción de las ruedas: rebabas y mataduras denotan muchos desmontajes, o sea, muchos kilómetros recorridos.
4. Abra las portezuelas (Fig. A.1) y una por una pruebe a cerrarlas con un portazo suave. Abiertas del todo, sacúdalas arriba y abajo para ver si hay holgura en las charnelas. Al cerrarse no debe quedar entre la puerta y el marco una holgura superior a cinco milímetros ni un desnivel mayor de dos o tres entre la hoja y la caja. Si es un "cuatro puertas", examine el montante central, porque si hubo accidente grave seguramente tendrá huellas de soldadura o enderezamiento.
5. Compruebe que los cristales de las ventanillas suben y bajan perfectamente.
6. Lo mismo el parabrisas, y cerciórese de que es un cristal inastillable: suele traer la marca Securit, Triplex, etc., en una esquina. Si es de luna corriente debe depreciar el automóvil en bastante y la voluntad de comprarlo en un poquito más, porque como ya hace muchos años que vienen de fábrica con vidrio inastillable, el no serlo denota que hubo rotura probablemente por accidente grave y la reparación fue chapucera.

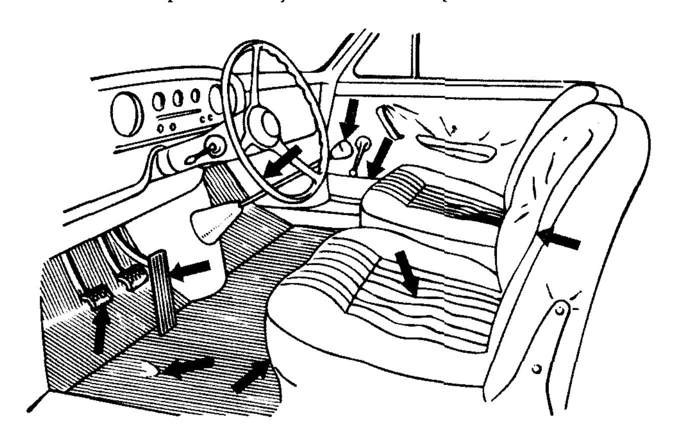


Figura A.2.

7. La tapicería debe estar en buen estado y limpia: es cara de reponer. Si tiene fundas, levántelas para ver lo que hay debajo. Mire si hay señales de humedad en el techo y en los forros de las puertas. Si el automóvil es abierto, haga desplegar y recoger la capota pero reconocerla.
8. El asiento del conductor (hasta la prueba 12 sígase la figura A.2) no debe presentar hundimientos que re-velarían un prolongado uso.
9. El desgaste de los pedales, sobre todo el del acelerador y el de la zona del reposapiés (si lo hay), denota el uso que del automóvil se hizo; las estrías no deben haber desaparecido si son de hierro: esto denunciaría de 50.000 a 60.000 o más kilómetros de recorrido.
   Si el de la izquierda está desgastado, sospeche que el embrague ha padecido la mala costumbre del conductor de apoyar en él su pie constantemente. Si los pedales están demasiado nuevos, señal de recambio o de que se han tenido cubiertas con fundas de goma: calcule los kilómetros de antes.
10. La alfombrilla delantera debe presentar un desgaste moderado, aunque es una práctica habitual (por estética) el cambio periódico del juego completo.
11. Vea el aro del volante: si es de madera y nota desgaste por donde se coge con las manos, 40.000 kilómetros por lo menos. Los modernos aros de pasta o plástico dicen muy poco en este sentido.
12. Mientras examina el interior del automóvil no deje de meter las manos en las bolsas, guantera, estantes, etc., por si encuentra algo delatador; por ejemplo, un cartoncillo de los que se dan en las estaciones de servicio al engrasar los automóviles y en el que apuntan el kilometraje. No sería la primera vez que al vender una joya con 30.000 kilómetros se encontró el papelito con 95.000 ... de un año antes.
    A veces el vendedor no intenta disimular el mal estado del tapizado y la pintura, pero es para hacer fuerza sobre el magnifico estado de la mecánica ... Bien, no discuta; pero tampoco olvide que las restauraciones de chapa, tapizado y pintura son ya más caras que las del motor entero.
13. Las aletas no importa que tengan huellas de abolladuras si no están muy deformadas, o que sus bordes aparezcan algo rozados. En cambio, es importante que los capós del motor y del maletero ajusten sobre sus asientos. Si no lo hacen y se notan holguras desiguales al apoyar, es que hubo un accidente grave con deformación de la carrocería o del bastidor, y esto es un inconveniente serio.

5.2. El motor

Terminada esta inspección superficial y aprobado el automóvil en un primer examen, se procede a una revisión mecánica. Hay que fijarse en detalles, porque siempre hay medios de maquillar y rejuvenecer el aspecto exterior de las personas y de las cosas.

En general desconfíe en cuánto vea algo restaurado o cuyo aspecto impecable contraste con lo demás desgastado o envejecido.

14. El bloque motor no debe aparecer repintado ni con "churretes" de herrumbre. Fíjese si hay alguna línea de rebabas. Como regla general, si no ha sido usted advertido y descubre que el bloque ha sido soldado, desista de comprar ese automóvil y vaya a tratar con otro vendedor.
    Obsérvese las juntas de la tapa de válvulas, del cárter y, sobre todo, la junta de culata, buscando señales de oxido o de pérdidas de aceite. Limpie esos bordes bien para comprobarlos más adelante (54).

15. Si las tuercas de la culata tienen las aristas matadas con rebabas, malo: muchos desmontajes se habrán hecho.
16. Agarre el eje de la mariposa del carburador y agítelo: las holguras serían señal de mucho uso y de entradas indebidas de aire.
17. El radiador y la bomba del agua no deben mostrar señales de óxido ni de perder líquido por ningún lado. Esta comprobación se repetirá durante la prueba en carretera (54) porque hay unos productos (mastics) que taponan por el momento. Será conveniente que no aparezcan señales de soldaduras, y menos a la altura del ventilador, porque denunciarían un choque que abolló o aplastó la parte delantera del automóvil.
18. Saque la varilla indicadora del nivel de aceite, límpiela con unos algodones y vuélvala a introducir. Sáquela de nuevo y fíjese no ya en el nivel del lubricante, sino en el color y calidad de éste: debe ser verdoso oscuro, fino, pero untuoso y viscoso. Si es negro y al coger una gota entre los dedos "no pega", no ofrece viscosidad, es de presumir que hubo abandono en el cambio regular del aceite. Si es "gordo", espeso, peor todavía: habrán echado aceite más denso del debido para amortiguar los ruidos del excesivo desgaste del motor. Será necesario vigilar muy bien la prueba en carretera.

5.3. La transmisión

19. Después de calzar las ruedas delanteras se levanta una trasera con el gato, se suelta el freno de mano y se pone el cambio en primera velocidad. Coja la rueda levantada y gírela a derecha e izquierda hasta encontrar resistencia. Con una tiza (Fig. A.3) haga una señal en la cubierta y refiérala a la aleta en ambas posiciones: la distancia entre los dos trazos resultantes indica la holgura total en la transmisión, indispensable, pero que no debe pasar de cinco a ocho centímetros según el tamaño de las ruedas medidos a la altura de la banda de rodamiento si la transmisión es por juntas cardan (cosa que si no se sabe debe preguntarse al vendedor), y si es por flexible, dos centímetros menos.
20. Ponga el cambio en punto muerto y dele vueltas vigorosamente a la rueda: debe girar sin dificultad y sin ruidos si el diferencial se halla en buen estado.
21. Estando así el automóvil, pida la llave, compruebe que accionan bien las cerraduras de las puertas y el enclavamiento antirrobo de la dirección o del cambio, si lo tiene, y haga poner el motor en marcha con el arranque eléctrico. Debe arrancar sin dificultad, aun estando el motor razonablemente frío, al segundo intento. Ponga la primera velocidad: la rueda trasera levantada ha de girar sin ruidos en el diferencial y sin abaniqueo. Si se desconfía del automóvil, puede repetirse la prueba con la otra rueda.

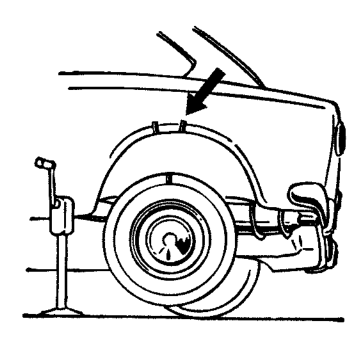


Figura A.3.

22. Los desgastes excesivos en la caja de cambios y en el diferencial se pueden disimular echando serrín fino de madera blanda al aceite espeso o valvolina con que se engrasan; así se ahogan los ruidos. Si se desconfía del automóvil y del vendedor, se quitan los tapones del llenado y se meten unas varillas finas de madera sin pulir ni pintar: lo que haya saldrá pegado con el aceite, que debe ser simplemente espeso y que si aquí es negro no importa. Pero esta operación, que resulta enojosa, debe aplazarse para última hora, cuando ya se ha decidido la compra del automóvil y antes de cerrar el trato.

5.4. Equipo eléctrico y accesorios

23. Compruebe que todas las luces encienden perfectamente, sin olvidar las de matrícula, freno, dirección, tablero, etc. Fíjese en el estado de los reflectores de los faros y en el espejo retrovisor.
24. Con las luces de carretera encendidas, ponga el motor en marcha con el arranque eléctrico: el brillo de aquellas bajará, pero si casi se apagan es que la batería no está bien.
25. Mire la batería; no debe presentar señales de rotura o pérdida de líquido. Si los bornes tienen sales de color blanco-verdosas, indicio de mal cuidado.
26. Compruebe el funcionamiento del limpiaparabrisas, de las bocinas, del nivel de gasolina, del manómetro de aceite (con motor aún frío, al acelerar sube la presión), del amperímetro (lo mismo y encendiendo las luces), de los indicadores de dirección, y las herramientas: debe llevar el automóvil sus llaves fijas, alicate, llave inglesa, destornillador, gato, etc.
27. Los cables de las bujías y todos los de la instalación eléctrica deben estar sin grietas ni roturas. No admita nada atado con alambre. Si las bujías son diferentes entre si señal de abandono y poco cuidado.
28. Quite una bujía de uno de los cilindros extremos: el color de la porcelana interior debe ser marrón oscuro o negro mate. Si presenta depósitos negros, como costra, pero mates, es que hay carbonilla; no es defecto serio y se remedia con la correspondiente limpieza. Pero si la costra es aceitosa y brillante, señal de desgaste y de subidas de aceite que requerirán pronto una rectificación de cilindros; operación cara.
Si el aspecto interior de la bujía es de estar recién limpia, vuelva a colocarla y aplace este examen para después de las pruebas en carretera.

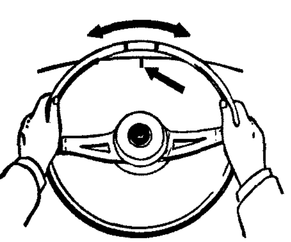


Figura A.4.

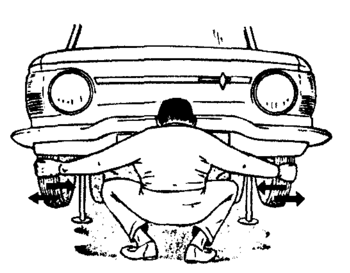


Figura A.5.

5.5. La dirección

29. Siéntese al volante, gire la dirección a derecha e izquierda sin obligar a las ruedas: se tendrá la holgura de la dirección, también indispensable, pero inadmisible si pasa de cinco centímetros medidos en el aro del volante (Fig. A.4).
30. Levante el eje delantero con un gato hidráulico de taller o con dos corrientes, uno para cada rueda. El volante de la dirección ha de girar sin resistencia alguna en toda su amplitud, y las ruedas no deben rozar, en las posiciones extremas, con nada. Deje las ruedas bien rectas.
31. Póngase delante del automóvil en cuclillas (Fig. A.5) y abra los brazos para agarrar una rueda con cada mano. Intente separarlas y cerrarlas; si el juego (holgura del acoplamiento) que se note es mayor de dos centímetros es inadmisible.

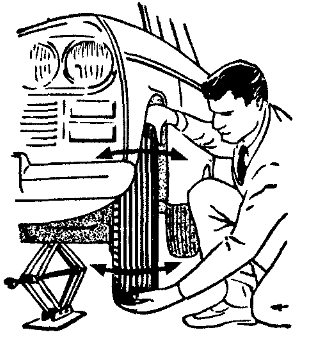


Figura A.6.

32. Coja cada rueda separadamente por arriba y abajo (Fig. A.6) y muévalas suavemente en oscilación: la holgura no debe pasar de uno a dos centímetros medidos a la altura de la llanta, según el tamaño. Hágalas girar rápidamente: si rascan o silban, señal de rodamientos en mal estado.
33. Si las ruedas delanteras apareciesen abiertas hacia el suelo (despatarradas) debe reconsiderarse la compra del automóvil y, según el resultado de los anteriores exámenes, llegar a desecharlo.

5.6. En el foso o elevador

34. Los neumáticos no deben estar desgastados desigualmente o como si "borrasen" la carretera, es decir, con desgastes en rizo o laterales. Observe si los costados, también los interiores, sobre todo en las ruedas delanteras, presentan huellas de haber rozado contra el bordillo de las aceras: mala señal para el estado de la dirección.
35. Observe el estado de los largueros del bastidor, sobre todo los extremos delanteros; no deben tener refuerzos o rebabas de soldadura; sería síntoma de que el automóvil sufrió un accidente grave y, como regla general, no debe comprarse ese vehículo.
    Tampoco son admisibles signos de enderezamiento en largueros y travesaños, pues difícilmente queda el bastidor bien alineado, con lo que la carrocería está sometida a tensiones y las ruedas fuera de aplomo, no sólo hacen perder estabilidad y agarre al automóvil, sino que se comen las cubiertas. En caso de duda, se llevará el automóvil a una estación de servicio especializada donde tengan máquinas comprobadoras de ejes.
36. El eje delantero (Fig. A.7) y el mando de las ruedas tampoco deben tener señal de haber efectuado una gran reparación.

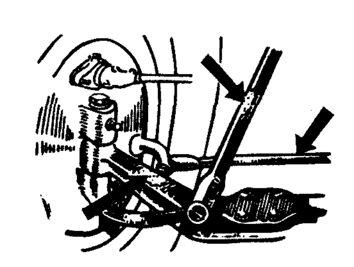


Figura A.7.

37. Las articulaciones de las ballestas de los pivotes de la dirección, etc., deberán rezumar una grasilla negra fluida que indicará el cuidado prestado al engrase y, por tanto, al vehículo. Todos los engrasadores del chasis deben estar limpios y con señales de haberse usado normalmente, no torcidos o cubiertos con barro seco.
    En la mayoría de los vehículos, la parte inferior de las aletas y chapas bajas viene recubierta con una gruesa capa rugosa de "barniz antisonoro" (insonorizante), que amortigua los ruidos producidos por la marcha. Observar si está completa, o si falta a trozos, o si estos huecos están recubiertos con pintura negra (reparaciones), o si falta casi del todo (vejez o mal trato o gran reparación).

Si los anteriores exámenes fueron aprobados con resultado satisfactorio (siempre proporcional al precio pedido), se pasa a las pruebas en carretera.

6. PRUEBAS EN CARRETERA

6.1. Conducción por el vendedor

38. Al principio debe ser éste quien conduzca. Se atenderá a todos los ruidos que se produzcan, procurando diferenciar los de la carrocería (chirridos y crujidos) de los de la transmisión (más bien zumbido o ronroneos) y los del motor (golpeos intermitentes de rapidez proporcional a la velocidad de giro). Estos últimos no deben ser admisibles; los

de la transmisión, poco recomendables, y los de carrocería o suspensión se tolerarán en relación con el precio pedido. La interpretación de los ruidos sólo un experto la puede hacer, de modo que, si no se dispusiera de sus consejos, lo mejor es no admitir ninguno que no sea de los corrientes, hasta en un automóvil nuevo.

No consienta que el vendedor le lleve "picando espuelas", a base de llevar el motor alegremente acelerado en todas las combinaciones del cambio (es decir, metiendo tercera o segunda antes de tiempo), ni cantando las cubiertas en las curvas. Eso sirve para ocultar los ruidos e impotencias de la vejez.

39. La prueba de velocidad máxima la hará el vendedor en un tramo llano y despejado. No se pueden dar cifras porque dependen del tipo de automóvil; pero con el motor lanzado no se deben oír ninguna clase de golpeos ni ruidos excesivos en los diferentes mecanismos. Esta prueba tiene mucha menos importancia de lo que suele creerse.
40. Al pie de una larga cuesta se debe casi detener el automóvil apurando la directa y hacerle acelerar de golpe: atención a los ruidos. Si un motor marcha bien cuando gira lentamente a plena carga dará una excelente idea de su estado.
    Con los motores modernos de menos de dos litros de cilindrada no se pueden apurar mucho las velocidades ni, por tanto, "detener casi el automóvil" en directa para luego acelerar a fondo.
41. Otra cuesta se subirá lo más rápidamente que se pueda en segunda, tercera o cuarta (según que el automóvil sea de cuatro o cinco velocidades) sin que se oigan estrepitosamente los engranajes del cambio de marchas.
42. Durante el recorrido observe el manómetro de aceite: la presión no debe bajar de 20 libras ni pasar de 45.
    Aproveche las aceleraciones y disminuciones de velocidad para escuchar el zumbido de la transmisión: si sólo se produce en estos momentos, denota más bien desalineación del par cónico (habrá que retocar su reglaje); pero si es constante y la intensidad varía según la velocidad, denuncia un estado avanzado de desgaste.
43. El amperímetro marcará carga desde los 15 ó 20 km./h, en determinados vehículos. Si la aguja baja un poco cuando el automóvil marcha muy de prisa, no importa, pues es debido a que el sistema de regulación del voltaje por tercera escobilla tiene esa característica. Con los faros de carretera encendidos y a 50 Km./h., la aguja no debe marcar descarga.
    En bastantes automóviles se sustituyen amperímetro y manómetro por luces que se encienden cuando la dínamo no carga o no hay suficiente presión de engrase, respectivamente. En estos casos hay que limitarse a comprobar que funcionan a su debido tiempo.
44. La prueba de frenos es más interesante cuando la haga por sí mismo el comprador.
45. Observe cómo el automóvil se agarra a la carretera en las curvas.

6.2. Un alto en el camino

46. Después de haber subido un par de cuestas y de hacer la prueba de velocidad máxima y todas las que haya querido realizar el vendedor, a mitad del recorrido pídasele que pare el automóvil y que deje el motor en ralentí. Será el momento indicado para apearse a "estirar las piernas" o fumar un cigarrillo: el caso es dar tiempo a que el motor esté girando en ralentí dos o tres minutos; cuando hayan transcurrido, se acerca uno a él y se le escucha: si el giro es lento, pero firme, seguro, sin galope, "redondo", es buena señal. E inmediatamente se hace la prueba más importante de esta parada: el acompañante debe darle de repente al motor dos o tres acelerones (no brutales), y si por el escape sale humo blanco-azulado es señal de que los cilindros están desgastados o que

los segmentos no ajustan bien, es decir, que el motor está gastado y necesita una buena reparación. Si lo que sale con los acelerones son leves bocanadas negras, es indicio de que al ralentí quema mezcla rica, cosa muy frecuente y que no debe importar, a no ser que sea sistemáticamente negra la tonalidad en el escape, porque en este caso habrá que reglar debidamente el carburador para que no gaste exceso de gasolina ... y para ver qué se intentaba disimular con esa mezcla rica.

47. Al acelerar y soltar de repente, si se oye un golpe sordo, grave, es probablemente por holgura excesiva en una cabeza de biela o en un apoyo del cigüeñal. Estos ruidos pueden haberse apagado con el motor frío usando aceite más espeso que el adecuado, pero reaparecen a motor caliente cuando el lubricante se "adelgaza".
48. Observe en ralentí si falla algún cilindro (ritmo irregular). Compruébelo a la salida del escape: si en lugar del fallo se oye un soplo, como un escape o silbido agudo, no es defecto de encendido, sino una válvula de escape quemada. Mala señal.
49. Destape el tubo de llenado de aceite y escuche los ruidos internos del motor (golpeos); si se oyen soplos o bufidos rítmicos, es que la compresión se escapa al cárter por la holgura entre pistones, segmentos y cilindros, o sea, que el motor está en avanzado estado de desgaste, lo que será confirmado por los humos que salgan por ese tubo destapado, así como por el sebo y hollín grasiento que estará depositado en el interior del tapón.
50. Se repetirá la prueba 18 para comprobar la calidad de aceite del motor, que ahora debe estar francamente fluido. Si hay poca cantidad, probablemente se ha hecho para que no dé humos delatores. Si se sospecha que el lubricante está más espeso de lo que debiera, mientras que por lo demás se encuentra aceptable el vehículo, vale la pena pagar un cambio de aceite en la primera estación de servicio que se encuentre, porque con lubricantes espesos se camuflan muchos pecados y debilidades del motor. Se ha llegado a echarles un SAE-70, e incluso 90, que es una valvolina corriente para cambio y diferencial. Lo que se pretende ocultar suele ser la necesidad de una reconstrucción del motor (rectificación de cilindros o camisas nuevas, pistones y segmentos nuevos, reajuste de bielas y apoyos del cigüeñal, válvulas y sus guías nuevas, etc.).
51. Al sacar la varilla, obsérvese si el aceite tiene agua (minúsculas gotitas, como emulsionadas); y destapando el radiador mire si en el agua hay aceite ("ojos flotando") o burbujas de aire. En cualquiera de estos casos, lo probable es que sea defecto de la junta de culata, pero puede ser un cilindro rajado y ello sería inadmisible.
52. Las juntas de tapa de válvulas, del cárter y, sobre todo, de culata, que se habían dejado limpias (14), deben seguir estándolo. Cualquier escape de aceite indica descuido y reparación a la vista. Asimismo debe comprobarse que el radiador y la bomba no pierden agua.

6.3. Conducción por el comprador

53. A partir de este momento, el comprador debe conducir por sí mismo: vaya con todo cuidado y sin correr, porque la prueba de velocidad la habrá hecho el vendedor y no es necesario ni discreto repetirla. Lo primero en que se fijará es en la manejabilidad de los mandos: dirección, cambio de velocidades, etc. Todo debe poderse operar suave y fácilmente. Durante la marcha en directa pisará a fondo y soltará el acelerador y varias veces: la holgura de las juntas cardan y de toda la transmisión, si es grande, producirá choques bastantes ruidosos. Al mismo tiempo, observe cómo se contiene el automóvil al soltar el acelerador: prueba de la compresión de los cilindros.

54. La prueba de frenado se hará en dos veces, ambas a unos 50 ó 60 km./h. La primera vez se frena a fondo, pero progresivamente y "sintiendo" bien el volante de la dirección para notar en él la reacción del frenado; el automóvil debe quedar contenido rápidamente; sin que se note como si resbalase "por debajo" de la presión del pie, ni ésta habrá de ser excesiva. La segunda, más brusca, se hará soltando el volante, aunque preparado a cogerlo en el acto, para asegurarse que el automóvil no tiene tendencia a echarse a un lado, defecto de reglaje que en los frenos no es admisible.
    Una vez detenido el automóvil, no deje de pisar el pedal: si éste sigue bajando, es que hay una fuga en el sistema hidráulico, que debe rechazarse.
55. Insista en la prueba de contener el automóvil en directa hasta que marche despacio al pie de una cuesta, e intente subirla pisando a fondo. Después, pare en varias ocasiones para salir cambiando unas veces más rápidamente que otras, con objeto de comprobar el cambio, el poder de aceleración con las diferentes velocidades, y siempre atienda a los ruidos del motor que se denuncian mejor cuánto más apurado va. Un motor que se aguanta y reacelera bien tiene muchas probabilidades de merecer notable.
    Fíjese si le da la sensación de encendido retardado, para que el vendedor, o su acompañante mecánico, lo adelanten hasta que el motor empiece a picar. El retraso de encendido, sobre todo en motores medianos y grandes, con potencia holgada para el automóvil, disimula holguras de cabeza de biela y otros ruidos del desgaste.
56. También observará si patina el embrague: cuando apure la directa, desembrague ligeramente para que se embale el motor; al volver a embragar en seguida, el motor debe ralentizar otra vez aunque se siga pisando el acelerador.
    Al arrancar el automóvil, compruebe que el pedal del embrague tiene un primer recorrido en vacío, como de dos o tres centímetros sin desembragar; y al parar el vehículo note que desembraga sin necesidad de pisar hasta el fondo.
    Deje bajar el automóvil por una pendiente a poca velocidad en primera y desembragado; es natural que oiga un razonable ronroneo de engranaje, pero, si son gemidos o chillidos, desconfíe de su estado.
57. Acelere en segunda y también en tercera y, cuando el automóvil haya alcanzado cierta velocidad, suelte de golpe el acelerador, repítalo un par de veces, a ver si el automóvil "escupe" la palanca del cambio a punto muerto (véase "Averías en el cambio de velocidades").
58. La prueba de suspensión se hará a unos 20 ó 30 kilómetros por hora sobre mal camino: no debe oírse nunca chocar el puente trasero contra el piso de la carrocería, y las grandes oscilaciones serán rápidamente amortiguadas.
59. Pruebe los frenos, al bajar una cuesta, hasta detener el automóvil: entonces manténgalo inmóvil con el freno de mano para probar el estado de éste, que debe poder soltarse con toda facilidad. En todas las paradas procure observar el amperímetro para ver que no marca descarga, es decir, que el disyuntor funciona bien.
60. Aproveche al dar la vuelta para comprobar la facilidad de maniobra con la marcha atrás y que ésta no da sacudidas o tirones del automóvil.
61. Si el automóvil tiene supermarcha (overdrive), pruébela para comprobar que actúa o se desengancha a las velocidades expuestas al explicar más atrás este mecanismo, así como que funciona el "kick-down", o sea, que al pisar el acelerador, más allá de la posición de máximos gases, se anula la supermarcha y regresa a la normal para mayor aceleración.
62. Puede ocurrir que el automóvil marche a saltos, es decir, que con el acelerador a fondo de repente tienda a pararse y en seguida reacelera, para repetir este tira-y-afloja a velo-

cidades superiores a 60 km./h. Lo probable es que sea falta de suministro de gasolina o defecto del encendido. Las reparaciones son sencillas y no muy caras.

63. Marchando en recta y sobre piso no bombeado, suelte el volante (siempre con precaución para agarrarlo en el acto) con objeto de comprobar que el automóvil no tira de costado. Si lo hiciera, las causas pueden ser:
a) Inflado desigual de las ruedas delanteras: sin importancia y que se corrige en el acto.
b) Las ruedas desalineadas, cosa que debe corregir el vendedor para poder terminar el trato.
c) Si no son esas las causas, es que el bastidor está deformado y es un defecto grave y decisivo (véase 35).
Procure pasar por una plazoleta o explanada donde hacer unos "ochos" para comprobar que el radio de giro es análogo a derecha e izquierda, que los engranajes del diferencial no hacen ruido, que la dirección no se pone muy dura y que tiene suave tendencia a enderezar (sotaviradora).
Si no fuese así, antes de culpar al mecanismo, comprobar que las ruedas delanteras están infladas a menos presión que las traseras (véase lo dicho en el capítulo de "Neumáticos" acerca de "La estabilidad y las cubiertas").

64. Compruebe el funcionamiento de la calefacción y del sistema de ventilación, si los tiene el automóvil.

65. Si hay cambio automático, debe comprobarse que los pases de engranajes se hacen suaves y silenciosamente, sin tirones o frenazos bruscos. No deben oírse extraños ruidos de resbalamiento. Si en la localidad no hay servicio oficial, no es aconsejable la compra de un automóvil con esa clase de cambio; y en ningún caso si ofrece la menor sospecha.

66. Después de subir una cuesta en segunda o tercera a plena aceleración para calentar bien el motor, al coronar corte el encendido sin dejar de pisar el acelerador: si el motor sigue dando explosiones, señal de autoencendido por carbonilla o por bujías inadecuadas. Esto es inadmisible, como también si al pararse el automóvil en esta prueba se oye hervir el agua en el radiador después de tan corto recorrido.

67. En un tramo recto y después de haber bajado una pendiente conteniendo el automóvil en segunda o tercera, se debe detener el vehículo y pedir al vendedor que lo haga pasar a 50 ó 60 kilómetros por hora un par de veces por delante del comprador que lo observará desde la carretera.
Fíjese en dos cosas al arrancar: en las ruedas, para ver si abaniquean las delanteras, su convergencia; si las traseras son perfectamente paralelas (salvo si tiene suspensión independiente en ellas) y en el aspecto general del automóvil en marcha; motor: si echa humo azul por el escape al arrancar, pues como al descender la cuesta la succión de los cilindros hizo subir aceite a ellos, en un motor desgastado será excesivo y dará un apreciable humo azul al acelerar de nuevo (esta prueba confirma la 47). En el regreso al garaje, por dentro de la población, debe conducir otra vez el vendedor.

68. Si la calidad de la gasolina corriente no es buena y se trata de un automóvil moderno de elevada compresión, no debe darse importancia al ruido del martilleo metálico de la detonación, más perceptible en las aceleraciones desde medios a plenos gases.

7. DE REGRESO EN EL GARAJE

69. Si las pruebas reseñadas fueron satisfactorias, queda por hacer poca cosa. La comprobación del cambio y del diferencial indicada en el número 25, y acaso la de bujías del 28. Ambas pueden ser importantes. Si en la primera sale grasa o "carga" (serrín, salva-

do), debe desistirse de la compra: pero como es enojosa se dejará para el final por si las demás pruebas no han sido convincentes. La de bujías es elocuente, y ya quedó dicho cuándo debe hacerse.

70. Mire de nuevo los niveles y estado del agua en el radiador y del aceite en el cárter; no debe haber bajado ni tener burbujas en el primero, ni gotitas de agua en el segundo (véase 53).
71. Deje colocadas unas amplias hojas de periódico debajo del grupo motor-cambio y del puente trasero, mientras comenta con el vendedor las impresiones de la prueba, para dar lugar a que si hay pérdidas de lubricantes se acuse el goteo sobre los papeles.

Terminado a gusto el examen, siempre en correlación con el precio pedido, pues de un "segunda mano" barato no hay que esperar perfecciones, que si las tuviera costaría más dinero (ningún vehículo, usado ni nuevo, es perfecto), sólo queda por discutir la cifra exacta del precio.

Si el automóvil ha respondido, dentro de su categoría y estado, a los ensayos y exámenes anteriores, el comprador no debe pretender que se le haga una rebaja substancial.

Nunca debe meterse a probar un automóvil por el que pidan más de un diez por ciento por encima de lo que tiene disponible para la compra, pues si las pruebas dan buen resultado, lo más que podrá conseguir de rebaja (y no siempre) será ese diez por ciento.

Si hubiera que hacer ajustes o pequeñas reparaciones, no entregue dinero alguno hasta que el vendedor las haya ejecutado y hayan sido comprobadas por usted.

8. LOS PEORES TRUCOS

Como resumen de lo expuesto, se enumeran aquí los principales fraudes que pueden encontrarse en la prueba de un automóvil usado.

1. El cuentakilómetros rejuvenecido. Esto es tan frecuente que, salvo rarísimas excepciones, no debe hacerse caso ni aun tratándose del automóvil de una persona conocida.
2. Motor desgastado, necesitando ya la reconstrucción, gasta aceite, humea y suena a viejo; pero que se le silencia y disimula en las pruebas usando poca cantidad de lubricante y mucho más espeso que lo debido.
3. Bloque motor rajado y con soldaduras disimuladas hábilmente con pintura.
4. Miembros del bastidor, especialmente por el eje delantero, torcidos o rotos por accidentes; las soldaduras y señales de enderezamiento se camuflan con pintura.
5. Serrín de madera blanda, salvado o grafito en polvo mezclados a los lubricantes del cambio y diferencial para amortiguar los ruidos delatores de su estado ruinoso.
6. Engranaje de la dirección endurecido para disimular las holguras por desgaste o avería del sistema.
7. Fugas del radiador disimuladas con cementos provisionales.
8. Encendido retrasado (en motores medios y grandes, pues en los pequeños se nota más la pérdida de potencia) para ocultar ruidos del desgaste.
9. Neumáticos recauchutados, o desgarrados, que se han montado con las caras averiadas hacia el interior.

9. DESPUÉS DE LA COMPRA

La seguridad absoluta de haber hecho una buena compra sólo se adquiere al cabo de haber usado el automóvil una temporada (conviene fijarse en seguida en el consumo de

aceite); pero, dentro de los previsible, ya es magnífica señal que hayan sido aprobados los diversos exámenes a que se sometió el mismo. Por otra parte, la paciencia del vendedor, que ha permitido de buen grado esas pruebas, es un excelente indicio de que está seguro de la buena calidad de la mercancía que vende.

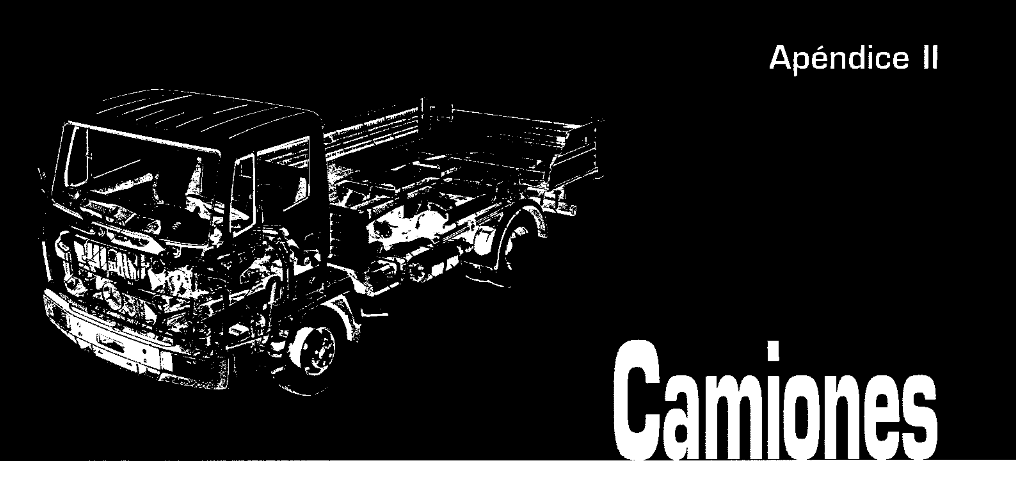
La compra debe realizarse inmediatamente a las pruebas. Extendido el documento allí mismo y por teléfono, se prepara la transferencia de la póliza de seguro o se suscribe una nueva a todo riesgo. A continuación debe llevarse el automóvil a una buena estación de servicio para encargar: renovación de aceites del motor, cambio y diferencial: engrase general del chasis, relleno de agua destilada en la batería, y una revisión y ajuste de los frenos y de la dirección (alineación de ruedas), pues son los órganos de que depende la seguridad de los pasajeros; asimismo un reglaje de taqués y revisión del encendido (contactos del ruptor y ajuste del avance), cosas todas ellas que en los servicios oficiales hacen rápidamente con aparatos especiales. Todo ello, naturalmente, si no se ha comprobado en los exámenes que no es necesario, porque lo había hecho el vendedor antes de sacarlo a realizar las pruebas, que habría sido lo lógico.

Después, a cuidar y conducir el automóvil con arreglo a las normas indicadas en capítulos anteriores. Un automóvil bien atendido dura muchos años y muchos miles de kilómetros y proporciona muy pocos contratiempos.

Notas

1 **Si se usa conductor asalariado**, hay que asegurarlo por separado. Además el propietario del vehículo suele quedar excluido y habrá de hacer póliza aparte. Es muy recomendable no escatimar en el seguro; debe hacerse contra robo, incendio, daños propios y ajenos, etc., en una Compañía aseguradora de prestigio que informe y ayude.

Si el adquiriente piensa mantener automóvil en adelante, le resultará útil hacer socio del Automóvil Club de su país si radica en su localidad o en ésta hay un agente de aquél, pues actúa como Cámara Oficial y le sirve de agencia informadora y administrativa para todos los tramites. En el Automóvil Club, sus agencias o en una Gestoría (donde se piensa formalizar la compra) pueden informarle de la cuantía aproximada de los seguros.



Apéndice II

Camiones

1. GENERALIDADES

Los camiones y autobuses están organizados de modo parecido a los turismos. Cuanto mayor sea su capacidad, más grandes y sobre todo más robustos serán sus elementos, especialmente el bastidor y la suspensión. A lo largo de este Manual, se han ido describiendo los diferentes dispositivos característicos de los automóviles, entre otros: los motores Diesel, la propulsión doble y la total, servofrenos y frenos de aire comprimido, las ruedas, remolques, etc. Todo lo expuesto puede aplicarse a los mecanismos y cuidados propios de todos los vehículos, cualquiera que sea su tamaño.

La tendencia es usar motores de hasta seis cilindros en línea para pequeños camiones y furgonetas, y de seis, ocho o diez cilindros en V para los más grandes; con válvulas en cabeza, que en los motores de gran cilindrada suelen ir provistos de rotadores y refrigerarse con sodio en su interior hueco.

La producción europea usa muy poco los motores de gasolina en los camiones. Como en los países europeos se vende más barato el gasóleo que la gasolina, los motores diesel son usados en abrumadora mayoría por los camiones producidos en el viejo continente y por los japoneses. Esta es una razón para mantener la diferencia de precio; los gobiernos no aplican al gasóleo los impuestos que sobre la gasolina producen cuantiosos ingresos porque se encarecería el transporte de mercancías. Los motores de gasolina se aplican tan sólo a algunos vehículos de reparto, furgonetas, casi siempre derivados de un modelo de turismo, y a algunos pequeños camiones para carga útil inferior a 2.000 Kg.

En cambio, en EE.UU. el precio de venta del gasóleo y de la gasolina es prácticamente el mismo y los motores diesel han sido menos empleados.

Así como los motores de gasolina para los turismos son, en general, producidos por el mismo fabricante de los vehículos, en los Diesel es corriente que se empleen motores procedentes de casas especializadas en su producción.

2. REGULADOR DE VELOCIDAD

En el caso de motores de gasolina, un dispositivo propio de los usados en grandes camiones es el *regulador* de velocidad, destinado a impedir que el motor se embale; en los diesel ya forma parte del equipo de inyección. La razón de ser de este aparato es la siguiente: en los turismos la variación de cargado a vacío es una fracción mas bien pequeña del peso propio, por ejemplo un automóvil que pesa 1.250 Kg., equipado y con conductor, podrá recibir cuatro pasajeros más y su equipaje (aproximadamente 500 Kg.), o sea, en total 1.750 Kg.; el aumento o variación de carga tiene un tope práctico del 30 por 100 del total (1.750), peso total para el cual se calculó el mecanismo motopropulsor. En cambio un camión con peso propio o tara de 3.000 Kg. puede llevar encima hasta 4.000 más de carga útil, y en este total de 7.000 Kg. la variación posible de carga llega a cerca del 60 por 100.

Esto quiere decir que si el motor está previsto, como es natural, para propulsar 7 toneladas, al quitarle un 60 por 100 de trabajo que vencer se encontrará demasiado "desahogado", tenderá a embalarse, ya que el camión descargado será ligero en exceso, y si el motor no tiene algo que le limite la potencia sobrante, podrá dispararse a velocidades excesivas que le impongan desgastes elevados, a la vez que esfuerzos inútiles a la suspensión, ahora demasiado dura yendo descargada, con el traqueteo consiguiente para todo el conjunto. Claro está que un conductor cuidadoso no permitirá tales excesos; pero bueno es contar con un limitador automático.

El regulador actúa sobre el paso de gases al colector de admisión de modo que, al llegar la velocidad de giro al tope prudencial, automáticamente se corten aquellos, conteniendo la marcha. Hasta hace unos años se usaban casi exclusivamente del tipo *centrífugo*, pero en la actualidad se emplean más los eléctricos, reservándose los primeros sobre todo para los tractores.

2.1. Reguladores centrífugos

Actúan como el de los diesel explicado en las bombas de inyección en línea, y su fundamento consiste (Fig. 8.16) en un eje que gira a velocidad proporcional a la del motor (sencillamente montado el aparato en el extremo del árbol de levas); sobre este eje se monta un paralelogramo articulado cuyos lados superiores se enganchan al collar deslizante sobre el eje. Cuanto más deprisa gire éste (es decir, cuanto más deprisa vaya el motor) más fuerza centrífuga adquieren los contrapesos, que tienden a separarse del eje en proporción a la velocidad con que giran. Como el paralelogramo es articulado, cuanto más se separen los contrapesos más baja el collar, que está unido al mando de la corredera que gira los émbolos de inyección; si el motor tiende a embalarse, los contrapesos se separan y la corredera actúa sobre los émbolos de inyección disminuyendo la cantidad de combustible que proporciona la bomba.

2.2. Reguladores eléctricos

Llamados Ralentizadores de Frenos, SON FRENOS ELÉCTRICOS INTERCALADOS EN EL ÁRBOL DE LA TRANSMISIÓN del camión que da movimiento a/los eje/s trasero/s. El inducido del motor forma parte del árbol de la transmisión y el estator lleva unas bobinas que rodean al inducido y que cuando el conductor acciona el mando eléctrico, frenan la velocidad de la transmisión y por tanto del vehículo, debido al campo magnético que generan, contrario al de las bobinas del inducido.

Cuando un vehículo pesado quiere bajar una pendiente prolongada no debe dejarse a los frenos de las ruedas toda la responsabilidad de la disminución de la velocidad, podría no ser suficiente su acción y desde luego el desgaste sería importante en el sistema de frenos. Se acciona primero, el mando eléctrico que frene la transmisión, reduciendo la velocidad en un 40% o más, según sistemas, después se acciona cuando sea necesario el freno de pié.

3. VEHÍCULO ARTICULADO

Modernamente se ha desarrollado el tipo de *vehículo articulado* (Fig. A-9) que, en realidad es un tracto-camión que arrastra un semirremolque, pues éste sólo apoya en el pavimento el eje posterior A; la parte delantera carga sobre el tractor T, cuyo eje trasero propulsor C recibe parte del peso del semirremolque y de la carga remolcada que aumenta su adherencia al suelo. Cuando el semirremolque R se separa del tractor se apoya sobre las patas extensibles B. El uso de este tipo de vehículos está cada vez más extendido para transportes de grandes cargas voluminosas; y con la carrocería R dispuesta para transporte de viajeros, se emplea en líneas interurbanas de gran capacidad.

Unos y otros tienen las ventajas de no inmovilizar conductor y planta motriz durante las operaciones de carga y descarga, y de no tener que cambiar el personal mecánico-conductor, o transbordar la carga, en los indispensables relevos de los grandes recorridos. Las reparaciones de la planta motriz no inmovilizan, a su vez, las carrocerías, tan costosas en los autobuses, y el reparto urbano de las mercancías puede efectuarlo personal especializado y por medio de vehículos más pequeños, mientras el tractor rápido interurbano regresa con otro remolque.



Figura A.9.

3.1. Quinta rueda

La unión del semirremolque al tracto-camión se hace por un enganche llamado *quinta rueda*, que consiste en una placa oscilante sobre un eje transversal para hacer la unión "flexible" en sentido vertical y que en algunas, para cargas elevadas, permite una doble oscila-

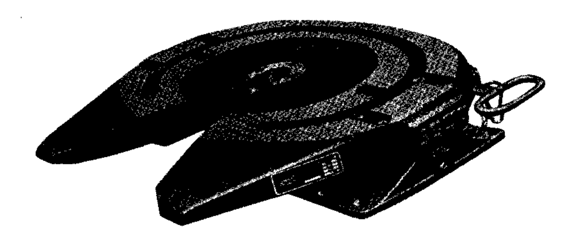


Figura A.10.

ción añadiendo a la anterior una lateral, que puede bloquearse para el empleo en carretera. Los soportes y placa se fijan por tornillos al bastidor del tractor. El sistema va dotado de mecanismos de cierre y seguridad (Fig. A-10).

El semirremolque lleva una placa de apoyo portadora del perno de acoplamiento, "king-pin". Para el enganche, la placa del semirremolque ha de estar a unos cinco centímetros, aproximadamente, más baja que la de la quinta rueda y el tirador de ésta hacia fuera; se hace entrar el tractor, disparándose el cierre automáticamente y actuándose a continuación sobre el mecanismo de seguridad.

Para desengancharse, se desactiva el mecanismo de seguridad, se empuja el tirador hacia adelante y hacia fuera hasta la posición final; se saca el tractor, quedando la quinta rueda automáticamente dispuesta para enganchar.

Debe controlarse que el soporte de la quinta rueda y el bastidor de unión no presenten grietas o sufran deformaciones. Las placas deben engrasarse periódicamente, eliminando la grasa vieja mediante chorro de vapor, así como el mecanismo de cierre y el king-pin.

El pivote o centro de la quinta rueda no cae encima del eje posterior del tractor, sino por delante de éste ya que si no estuviera adelantado, una distancia de uno a dos tercios del diámetro de las ruedas, en una fuerte pendiente se dificultaría la tracción y se haría insegura la dirección.

4. EJE TRASERO ADICIONAL AUTODIRECTRIZ

Recientemente también y con la finalidad de conseguir transportar mayor carga con los camiones tradicionales cumpliendo, sin embargo, lo prescrito por las disposiciones vigentes, se ha extendido bastante la incorporación de un tercer o cuarto eje en la parte posterior del camión. De esta forma se consigue que, sin rebasar el peso máximo autorizado legalmente para cada eje, la capacidad de carga total del camión se vea incrementada precisamente en el valor que este eje adicional es capaz de soportar.

Aún cuando las ruedas de este eje adicional sean "locas", es decir, que no sean de tracción, aparece, sin embargo, un problema importante que afecta a la dirección del vehículo y al desgaste de las ruedas montadas en este eje. Cuando el vehículo inicia un giro a derecha o izquierda, lo hace alrededor de un centro imaginario que está situado en el punto O de la figura A-11. Este punto O es el lugar donde se encuentran las rectas OA, OA´ y OT, siendo las dos primeras la prolongación de los ejes de las ruedas delanteras y la última la prolongación del eje geométrico de las ruedas traseras. Todas las ruedas describen, pues, circunferencias concéntricas y las del eje a añadir deberán hacerlo igualmente, pues en caso contrario se verían obligadas a patinar, padeciendo un notable desgaste. Cuando un camión circula en línea recta estas últimas ruedas, como todas las demás, deben quedar perfectamente alineadas y paralelas a la dirección de la marcha.

Es forzoso, por lo tanto, que este eje adicional sea "autodirectriz", es decir, que se oriente automáticamente con la marcha del vehículo. Los fabricantes de este tipo de ejes han

desarrollado diversos sistemas para conseguir que las ruedas se orienten de manera automática. El más sencillo de éstos consiste en la adecuada disposición geométrica de los elementos y se apoya en el mismo principio que la rueda loca del carrito del inválido.

La disposición geométrica aludida es aquella que consigue situar el centro de pivotamiento de las ruedas en un punto más avanzado con respecto a la marcha que el propio eje de las mismas. Diversos artificios mecánicos, alguno de los cuales se describen a continuación, consiguen esto según el fabricante de que se trate.

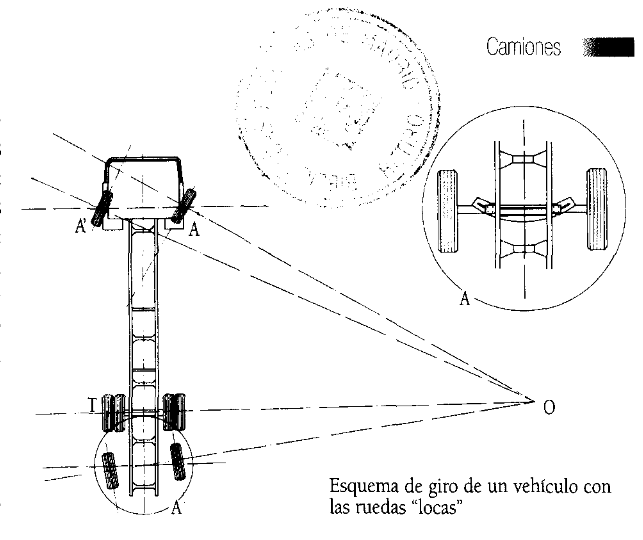


Figura A.11.

En la figura A-12 se puede ver esquemáticamente un sistema que ha alcanzado bastante difusión. El eje no recibe directamente la carga a través de las ballestas del camión, sino que éstas están ancladas a los cojinetes de apoyo provistos de caucho (silentblock), que permiten un ligero deslizamiento del eje propiamente dicho hacia los lados del camión, es decir, que las ruedas del eje adicional se desplazan lateralmente en las curvas. Este desplazamiento lateral va acompañado de un ligero ángulo de giro, lo que exige que el propio eje se "atraviese" ligeramente con respecto al camión. Los amortiguadores silentblock de los cojinetes permiten también ese atravesamiento (ángulo de giro).

El eje es solidario de la pieza triangular B que se articula en O, mediante otra unión silentblock a la barra L rígidamente unida al bastidor del camión. Hay también un tope (doble) o quicio, solidario del eje y de la pieza triangular T, que, en los desplazamientos laterales del eje, comprime uno de los muelles estabilizadores M y N y la otra extremidad está fija al cojinete de apoyo de las ballestas.

La articulación O hace aquí las veces del pivote de la rueda del carrito de inválido, y realmente el conjunto de las dos ruedas y el eje del camión hacen las mismas funciones de aquélla. La marcha en línea está garantizada además, por la

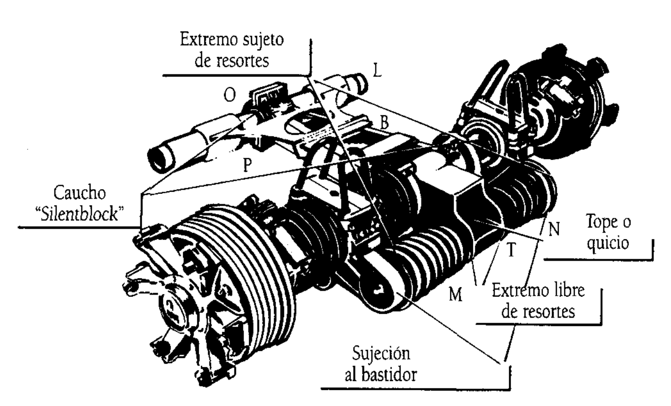


Figura A.12.

actuación de los dos muelles estabilizadores M y N sobre el mencionado tope o quicio.

Para la marcha atrás es necesario anclar previamente el eje en posición de marcha rectilínea, lo que se efectúa mediante la trampilla P que sujeta la pieza triangular B rígidamente. El accionamiento de esta trampilla se hace con mando neumático accionado por el conductor del vehículo desde la cabina.

Otro sistema de realización aún más sencilla consiste (ver figura A-11, detalle A) en apoyar las ballestas del camión sobre una pieza en forma de segmentos de corona circular. A su vez ésta se apoya sobre otro segmento de corona igual solidario del eje. Ambos segmentos de corona pueden deslizarse uno con respecto al otro (el primero es el que está fijo), circularmente dentro de unos límites marcados por los dos topes (uno a cada lado), pero no pueden desplazarse en ningún otro sentido.

El eje se desplaza también lateralmente, a la vez que se "atraviesa" (ángulo de giro de las ruedas) y el centro de la circunferencia a la que pertenecen las coronas aludidas, hace las veces de pivote de la rueda del carrito de inválido. Un dispositivo neumático permite, al conductor, fijar ambas coronas para la marcha atrás, quedando el eje en posición de marcha rectilínea.

Otros sistemas utilizan artificios parecidos, en los que casi siempre el apoyo de las ballestas se efectúa sobre una pieza independiente con respecto a la cual el eje puede tener un ligero desplazamiento mixto, lateral y angular.

Los hay que incluyen suspensiones independientes para cada una de las ruedas, mediante balancines articulados al puente que hace las veces de eje y en buen número de casos no son autodirectrices, lo que ocasiona un desgaste anormal de las ruedas que pueden apreciarse en los vehículos dotados de estos sistemas.

Para conseguir un reparto de cargas entre el eje original del vehículo y el adicional, suele combinarse la suspensión de uno y otro mediante interacción de las ballestas, a través de balancines cuyos brazos se dimensionan adecuadamente.

5. PESOS MÁXIMOS

5.1. Peso máximo por ejes

No está permitida la circulación de vehículos con peso por eje que excedan de los siguientes límites:

a) Eje simple:
- eje motor, 11,5 toneladas (t).
- eje no motor, 10 t.

b) Eje doble o tándem (se considera como tal el conjunto de 2 ejes cuya distancia "d" entre centros sea inferior a 1,8 metros):
- "d" menor de 1 m., 11,5 t.
- "d" entre 1 m. y 1,3 m., 16 t.
- "d" entre 1,3 m. y 1,8 m., 18 t.

Si el eje motor va equipado con neumáticos dobles y suspensión neumática o reconocida como equivalente a escala comunitaria, 19 t.

c) Eje tándem de los remolques o semirremolques:
- "d" menor de 1 m., 11 t.
- "d" entre 1 m. y 1,3 m., 16 t.
- "d" entre 1,3 m. y 1,8 m., 18 t.

d) Eje triple o trídem de los remolques o semirremolques (se considera como tal el conjunto de 3 ejes en el que ninguna de las distancias "d" entre ejes contiguos es superior a 1,4 m.):
   - "d" igual o menor a 1,3 m., 21 t.
   - "d" entre 1,3 y 1,4 m., 24 t.

5.2. Peso máximo autorizado (PMA)

a) Vehículo de motor de 2 ejes, 18 t.
b) Remolque de 2 ejes, 18 t.
c) Vehículo de motor de 3 ejes, 25 t.
   Cuando el eje motor vaya equipado con neumáticos dobles y suspensión neumática o reconocida como equivalente a escala comunitaria, 26 t.
d) Remolque de 3 ejes, 24 t.
e) Autobuses articulados de 3 ejes, 24 t.
f) Vehículo rígido de 4 ejes con 2 direccionales, suspensión neumática o reconocida como equivalente y ruedas gemelas, 32 t.
g) Otros vehículos rígidos de 4 ejes, 31 t.
h) Trenes de carretera de 4 ejes, compuestos por un vehículo motor de 2 ejes y un remolque de 2 ejes, 36 t.
i) Trenes de carretera de 5 o más ejes, 40 t.
j) Vehículos articulados de 4 ejes, compuestos de un vehículo motor de 2 ejes, equipado en el eje motor con ruedas gemelas y suspensión neumática o reconocida y por un semirremolque en el cual la distancia entre ejes sea superior a 1,8 m., 38 t.
   Otros vehículos articulados de 4 ejes, compuestos por un tractor de 2 ejes y un semirremolque de otros 2 ejes, 36 t.
k) Vehículos articulados de 5 o más ejes, 40 t.
   Si el vehículo motor es de 3 ejes con remolque de 2 o 3 ejes y transporta un contenedor ISO de 40 pies en transporte combinado, 44 t.

CAMIONES

En los semirremolques, la distancia entre el eje del equipo que engancha con la 5ª rueda del vehículo tractor (kimping del semirremolque) y la parte mas adelantada del mismo no debe ser mayor de 2,04 metros. La distancia entre dicho eje y la parte mas atrasada del semirremolque no será mayor de 12 metros.

En los trenes de carretera la distancia máxima, medida en paralelo al eje longitudinal del tren de carretera, entre los puntos exteriores situados mas delante de la zona de carga detrás de la cabina y más atrás del remolque, menos la distancia entre la parte trasera del vehículo de motor y la parte delantera del remolque, no podrá ser superior a 15,65 metros.

La distancia máxima, medida en paralelo al eje longitudinal del tren de carretera, entre los puntos exteriores situados mas delante de la zona de carga detrás de la cabina y más atrás del remolque del conjunto de vehículos no podrá ser superior a 16, 40 metros.

No están autorizados a circular los trenes de carretera en los que la distancia entre el eje posterior del vehículo motor y el delantero del remolque sea inferior a 3 m., ni los vehículos o conjuntos de vehículos en los que el peso soportado por el eje motor o los ejes motrices sea inferior al 25 por 100 del peso total en carga del vehículo o conjunto de vehículos. Tampoco los vehículos de motor de 4 ejes cuyo PMA, en toneladas, sea superior a 5 veces la distancia en metros comprendida entre los centros de los ejes extremos del vehículo.

En cualquier caso es importante tener en cuanta que la carga útil máxima resultante habrá de estar bien colocada, en forma sensiblemente igual sobre toda la superficie destinada a ella, como señalan las figuras A-13 y A-14, porque de estarlo mal, algunas cubiertas estarían peligrosamente recargadas. Es prudente asegurarse, pesando por ejes el vehículo cargado y comprobando (con arreglo a las normas dadas sobre el peso con cada tipo de cubierta y el factor ruedas gemelas) que ninguna rueda trabaja más de lo seguro. Muchos accidentes que se atribuyen a roturas de dirección, de frenos y otros supuestos fallos mecánicos, son debidos a la causa citada, que se hace incontenible en un caso de emergencia.

Longitud máxima incluida la carga

- Remolques: 12 metros.
- Vehículos articulados: 16,50 metros.
- Trenes de carretera: 18,75 metros.
- Trenes de carretera portavehículos, cuando van cargados: 20,55 metros.

Para que la longitud total pueda aumentarse hasta este límite, el tren de carretera debe circular con carga y utilizar un voladizo o soporte de carga trasero autorizado para ello. Este voladizo o soporte no podrá sobresalir en relación a la carga. Esta podrá sobresalir por detrás, sin exceder del total autorizado, siempre que el último eje del vehículo que se transporta descanse en la estructura del remolque. La carga no podrá sobresalir por delante del vehículo de tracción.

Anchura máxima incluida la carga

Remolques: 2,55 metros.
Semirremolques: 2,55 metros.
Superestructuras de vehículos acondicionados: 2,60 metros.

Altura máxima incluida la carga.- 4 metros

1

A

B

Cabina corta
CSM

30%

70%

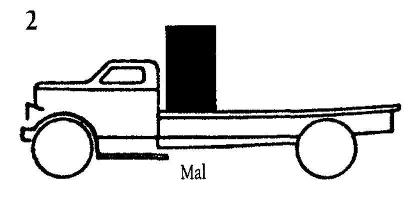
Cabina larga (normal)
CDM

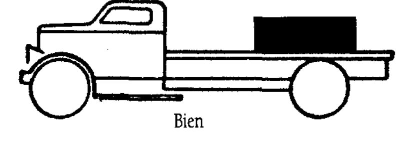
20%

80%

Bastidor ejes y neumáticos están calculados para llevar la carga así distribuida.

2

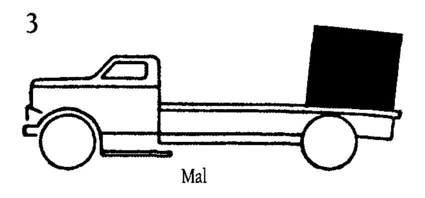


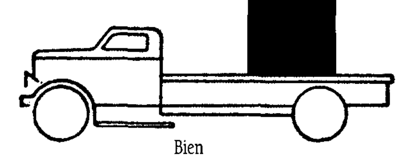


Así se encorva el bastidor, sobrecargan los neumáticos delanteros y se hace dura la dirección.

Colóquese la parte más pesada de la carga desde encima del eje trasero hacia delante: no se comba el bastidor y se consigue la distribución 1.

3



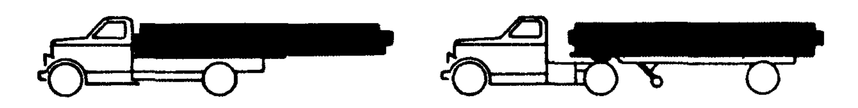


Así se encorva el bastidor, se sobrecargan los neumáticos traseros y se aligeran tanto los delanteros que la dirección resultará insegura o casi imposible.

Una carga concentrada se coloca justo encima del eje trasero hacia delante, y si es posible con el lado mayor sobre el piso.



4



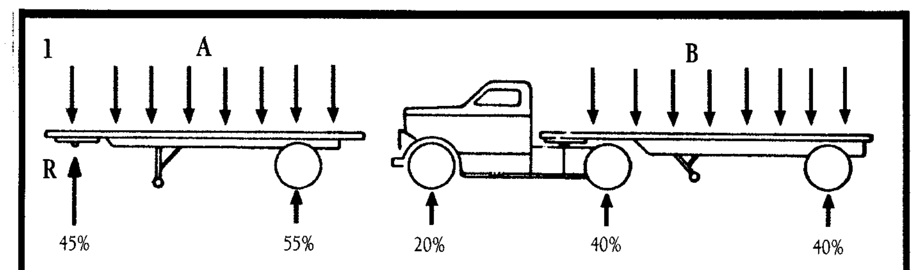
Mal

Bien

Para cada carga, el vehículo adecuado.

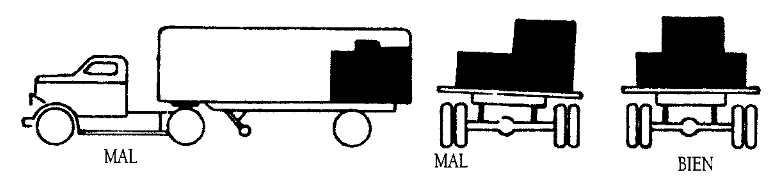
Figura A.13.

1



Cómo debe prepararse la distribución de carga en el remolque A, para que la "quinta rueda" R reparta el peso en el tractocamión B, según lo previsto al calcularlo.

2

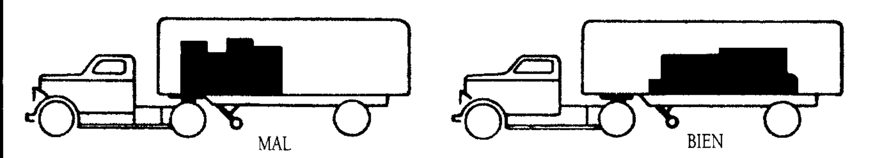


Todo el peso sobre el eje trasero quita adherencia a las ruedas propulsoras. Sobre-carga los neumáticos traseros. Malas frenadas.

Así ballestas y ruedas trabajan desigualmente. Las ruedas recargadas frenarán más y habrá patinazos y deformaciones en el bastidor.

Carga repartida por igual. Ruedas, frenos y bastidor equilibrados.

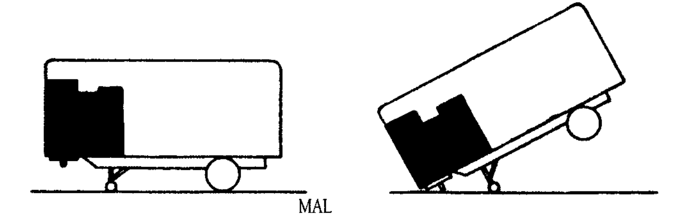
3



Si se concentra la carga sobre el eje propulsor se sobrecargan sus neumáticos acortándoles la vida, y un frenazo puede bloquear las ruedas traseras con riesgo de coletazos. Repártase la carga por igual a lo largo y a lo ancho.

4





Lo que puede suceder (y siempre sucederá) si se concentra la carga encima de la "quinta rueda".

Figura A.14.

Apéndice III



Empleo de G.L.P. (Butano)

1. GENERALIDADES

Con las iniciales G.L.P. se designan el o los gases licuados del petróleo, de los cuales el más conocido es el *butano.*

De los yacimientos petrolíferos sale, con la masa líquida del petróleo bruto, una cantidad mayor o menor de gases que se aprovechan y utilizan en tres formas:

1°. Parte de ellos, al perder la temperatura con que estaban encerrados, se condensan por sí solos en líquido formando gasolinas naturales ligeras.

2°. Otra parte está compuesta por hidrocarburos gaseosos que se convierten en líquidos a temperaturas no muy bajas y, por tanto, son fácilmente licuables sometiéndolos a presiones moderadas (menos de 12 Kg. por centímetro cuadrado, por ejemplo); se conservan y transportan en forma líquida encerrados a presión en botellas metálicas. Los gases así licuados son principalmente *butano* (que a la presión atmosférica pasa de líquido a gas, punto de ebullición a unos 0°) o *propano* (que hierve a 40° bajo cero). Estos son los llamados G.L.P.

3°. El resto es más difícil de licuar y se emplea en forma gaseosa, transportándolo por tuberías (gasoductos) a los lugares de empleo; está compuesto en gran parte por etano y metano, y recibe el nombre comercial de *gas natural.*

2. APLICACIONES

A los motores de explosión se aplican, principalmente, los G.L.P. (butano, propano y sus mezclas y acompañantes) que también se obtienen en las refinerías durante el tratamiento del petróleo bruto. Al principio del capítulo sobre Carburación se relacionaron los productos líquidos y sólidos que se destilan (gasolina, queroseno, gasóleo, aceites, etc.), pero también se desprenden hidrocarburos gaseosos y puede obtenerse G.L.P. en una proporción media de unos tres litros (una vez convertidos a forma líquida) por cada diez de gasolina.

La primera aplicación, y aún la más importante, ha sido en las cocinas y calefacciones domésticas. Al principio, la mayor parte del G.L.P. era butano, por ser el más fácil de licuar (de aquí que se conserve este nombre para designar corrientemente al G.L.P.); pero su gran aplicación en la industria química (por ejemplo, para obtener caucho artificial) hizo nece-

sario aprovechar el propano, con ventaja para usar el G.L.P. en los motores de automóviles porque en clima o tiempo muy frío, como el butano se vaporiza a casi 0°, puede ofrecer dificultades al pasar al estado de gas; mientras que el propano (que hierve a 40° bajo cero) se gasifica mucho mejor en el arranque. Además, el propano tiene un índice de octano (poder antidetonante) superior a 100 (hasta 125), en tanto que para el butano es sólo de 93. En realidad, éste es ya más que suficiente porque corresponde a la gasolina "premium", y como siempre hay mezcla de propano, el índice de octano superior a 95 se acerca o pasa al de las mejores gasolinas, que permiten relaciones de compresión de 9 a 10.

El butano comercial (tal como suele expenderse para usos domésticos), aparte pequeñas cantidades de otros ingredientes, tiene del 20 al 25 por 100 de propano. El propano comercial lleva hasta un 10 por 100 de butano. A uno y otro se añade un producto que les dé olor, porque en estado natural son inodoros y no se percibirían las fugas.

Para combustible de motores puede usarse perfectamente el butano comercial; pero como su punto de ebullición es a medio grado bajo cero (o sea, que con menor temperatura no se gasifica), en las regiones o épocas frías conviene más (y, siempre, en todo caso) la mezcla por mitades de butano y propano comerciales.

Según el consumo de G.L.P. que haga la industria química, y que las fuentes de producción sean sólo las refinerías o también los pozos petrolíferos, habrá más butano o propano en las mezclas y menos o más facilidades para su uso. Por otra parte, el butano es más barato de obtener que el propano (se licúa más fácilmente), así que la composición del G.L.P. es variable según los países. Por ejemplo, en España predomina el butano. Esto, aparte de que el G.L.P. no produce los elevados impuestos que encarecen la gasolina a varias veces su valor. En cambio, en EE.UU. predomina el propano y lo hay en cantidad sobrada; puede emplearse libremente en los motores, y también es usado con gran resultado técnico y económico en los tractores agrícolas.

Hay una diferencia fundamental en el modo de usarse el G.L.P. en aparatos domésticos (cocinas, estufas, etc.) y en los automóviles: en aquellos se toma el gas de la parte alta de la botella metálica, o sea, se aprovecha la evaporación natural o gasificación espontánea del G.L.P., mientras que para los motores se recoge del fondo en forma líquida (empujado por la presión a que está encerrado) y se vaporiza "por mando", como luego se explicará.

La energía contenida en un kilogramo de G.L.P. es apenas mayor que en un kilogramo de gasolina, y necesita casi el mismo peso de aire para su combustión completa. En un motor, cuya "respiración" o cantidad de mezcla que admite, quema y expulsa tiene un máximo fijo, se comprende que la potencia debe ser sensiblemente la misma con cualquiera de los dos combustibles. Hay una diferencia en perjuicio del G.L.P. debida a que, así como la gasolina ocupa un espacio muy pequeño con relación al aire, puesto que entra pulverizada (gotas muy pequeñas, pero no vapor), el G.L.P. ha de vaporizarse antes de entrar al carburador. Cada litro de G.L.P. se convierte en unos 250 de gas, y como aquél es bastante más ligero que la gasolina, al vaporizarse un kilo de G.L.P. (que ocupa 1,82 litros) se convierte en unos 450 litros de gas. Este espacio se resta a la mezcla y, por ello, puede disminuir la potencia hasta un diez por ciento. Más adelante se indica como puede recuperarse esta energía cuando un motor de gasolina se transforma en otro de butano.

2.1. Carburación

En lo fundamental es como para la gasolina. En la figura A-15 se comparan ambos sistemas. Las diferencias consisten en detalles mecánicos impuestos por la distinta manera de llevarse ambos combustibles.

La gasolina está en un depósito A a la presión atmosférica (recuérdese que debe haber un orifico de respiro en el tapón o en otro lugar del depósito). El butano se lleva en depósitos P, licuado a una presión que, según la temperatura ambiente y la composición del G.L.P., puede llegar en el propano comercial a 15 atmósferas cuando la temperatura es de 40º[1]. Por otra parte, la gasolina se pulveriza en el carburador y se vaporiza en el colector de admisión N gracias al calor que le dan los gases de escapa E (recuérdese lo explicado en "calefacción de la mezcla"); en cambio, el G.L.P. ha de vaporizarse en V antes de llegar al carburador, en el que entra totalmente gasificado.

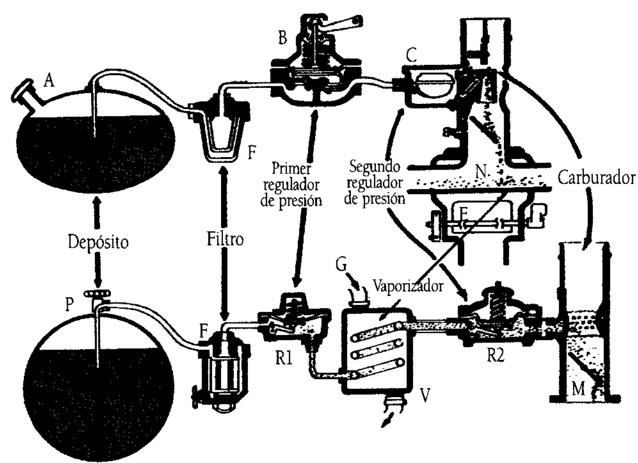


Figura A.15.

En ambos sistemas existen filtros F para limpiar de impurezas el combustible líquido. Para reducir la presión con que viene el G.L.P. existen dos reductores; el primero R1 equivale a la bomba B de la gasolina; ésta es aspirada por el mando mecánico de la membrana, y enviada a la cuba C por la acción del resorte, cuya fuerza marca la presión del trasvase (es, pues, un regulador de presión). En el G.L.P. el reductor R1 se llena con el líquido procedente del fondo P y filtro F; cuando la presión bajo la membrana vence al resorte, sube la membrana y se cierra la válvula de entrada. Cuando la presión se hace menor que la fuerza del resorte, se abre la válvula de entrada, y así sucesivamente. El G.L.P. sale de R1 a la presión impuesta por la fuerza del resorte (regulador), que viene a ser entre 0,7 y 0,2 kilogramos por centímetro cuadrado.

Las dos últimas etapas en ambos sistemas están invertidas.

El vaporizador V consiste en un serpentín rodeado de una circulación G de agua caliente tomada en la parte alta del motor, la más caliente, y que, después de ceder su calor al G.L.P. para que se vaporice, vuelve a la parte baja del radiador, la fría. Esa evaporación es la que en menor escala se efectúa con la gasolina, ya pulverizada, en el colector de admisión N, rodeado por los gases de escape E.

La segunda reducción de presión, ya convertido el G.L.P. en gas, se hace en el regulador R2 que actúa como el R1: su resorte es quien marca la presión con que el gas va a salir a la altura del difusor del carburador; presión ligeramente inferior a la atmosférica para que si no hay succión de los cilindros, vacío de admisión, se corte el paso de gas. Este papel es el que ejerce, con la gasolina, la cuba del carburador, pues su flotador marca la altura a que debe estar el combustible y, sin embargo, pueda ser arrastrada por la succión de los cilindros al funcionar el motor.

Los carburadores especiales para usar solamente con butano son parecidos al que se indica en la figura A-15; se les añade un conducto que lleva gas al borde inferior de la mariposa M, para la marcha en ralentí. No se usa la bomba de aceleración.

Tener equipado un motor con sólo el carburador de G.L.P. puede hacerse en los países que permiten su libre empleo para la tracción, pero en todo caso restringido a vehículos de recorrido limitado, como taxis urbanos, camiones o autobuses de trayectos fijos o cercanos, y tractores en

fincas fáciles de aprovisionar con botellas. El servicio de combustible no es tan sencillo como con gasolina o gasoil. Por ello, lo más frecuente es que se adapte un automóvil para G.L.P. sin dejar de poder funcionar con gasolina(2). A este propósito responden casi todas las instalaciones que se ofrecen en el mercado. Esto requiere la colocación de válvulas, casi siempre mandadas eléctricamente, que permiten el paso del combustible a su carburador y cortan el del otro.

2.1.1. Equipo Weber

Como ejemplo, todos son análogas en lo fundamental, se describe un equipo Weber en la figura A-16. El G.L.P. sale del fondo del depósito 1 por un tubo que sigue por el 3, pasando por una llave de cierre 2 que se mueve a mano. El tubo 3 debe ser de cobre recocido y no se enlaza directamente a la botella de G.L.P. sino que existe un trozo de empalme o racor, tubo flexible de caucho artificial recubierto de un tupido tejido de hilos de acero, que facilita el cambio de botella.

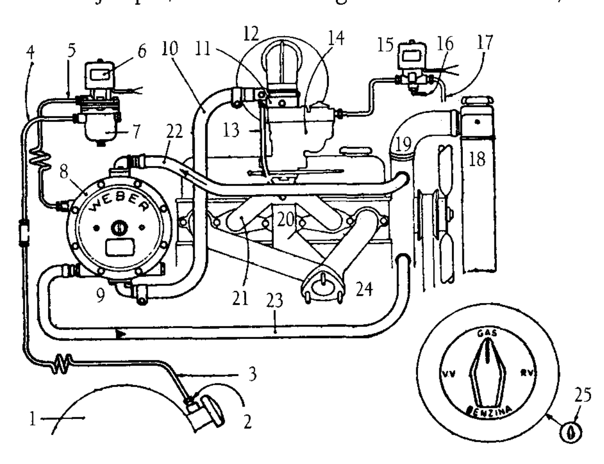


Figura A.16.

El butano líquido llega al filtro 7, pasa la electro-válvula de interceptación 6 y por el tubo 5 sigue al grupo 8 compuesto por los dos reductores de presión y el vaporizador: el orden de trabajo y la organización son los mismos que se explicaron en la figura A-15 para R1, V y R2 que aquí, como en otras marcas, se agrupan en un solo aparato llamado "reductor-vaporizador". En la figura A-17 se describe con detalle su constitución real interna.

El reductor vaporizador 8 (Fig. A-16) puede tener un grifo de purga en 9 para limpieza de la salida del gas que, por el tubo 10, sigue al mezclador 11 donde se mezcla con el aire proveniente del filtro 12, carburándolo para seguir, por el conducto de carburación (venturi, surtidores, mariposa, etc.) de la parte de gasolina 14, al colector de admisión 21. A éste llega por el tubito 13 el gas necesario para la marcha en ralentí.

Así, pues, el mezclador 11 es el "carburador" de gas; se coloca entre el de gasolina y el filtro de aire de modo que puede no tocarse el carburador del vehículo para montar el de gas. En la llegada 17 de gasolina se intercala otra electro-válvula 15 para cortar su paso cuando se usa el butano. Un conmutador eléctrico 25, en el tablero del vehículo permite al conductor dar paso a uno u otro combustible, pero nunca podrán estar abiertas ambas electro-válvulas 6 y 15. Consisten en unos electroimanes que al ser activados por la corriente tiran de su armadura, que hace de válvula; si no hay corriente, están cerradas. En la de gasolina 15 hay una llave de paso de emergencia, para poder alimentar el carburador 14 si falla la corriente eléctrica (quedarían ambas electro-válvulas cerradas).

El agua caliente para el vaporizador 8 llega por el tubo 22 desde la parte caliente de la circulación para el radiador 18, tomándola de un punto por debajo del termostato 19, para que, cuando éste se halle cerrado por no haber alcanzado el agua de refrigeración los

70/80°, pueda ésta circular por el bloque para ceder su calor en el vaporizador 8. De éste sale por el tubo 23 a la parte inferior del sistema para entrar de nuevo al bloque, calentarse en él y al salir vuelva por 22. Cuando el agua alcanza su temperatura normal de 80/85°, el vaporizador y el radiador 18 funcionan en paralelo. En todo caso, cuando el vaporizador tiene marcado el sentido de paso del agua, debe respetarse aunque parezca que circula al revés de lo aparentemente lógico.

La "placa caliente" para calefacción de la mezcla con gasolina está en 20, en el contacto del colector de admisión 21 con el de escape 24. Acerca de ella se volverá a hablar más adelante.

2.2. El reductor-vaporizador

En la figura A-17 se detalla, en cortes de costado A y frente B, los dos reductores y el vaporizador, incorporados los tres elementos en un solo aparato como es lo usual, tanto por ahorro de espacio como, sobre todo por aprovechar el calor que se necesita para compensar el enorme enfriamiento que produce la vaporización de G.L.P.; el que se origina en un vehículo corriente con motor de unos 1.500 c.c. bastaría para mantener rebajada en 8 a 10° C la temperatura ambiente de una habitación corriente de casa moderna.

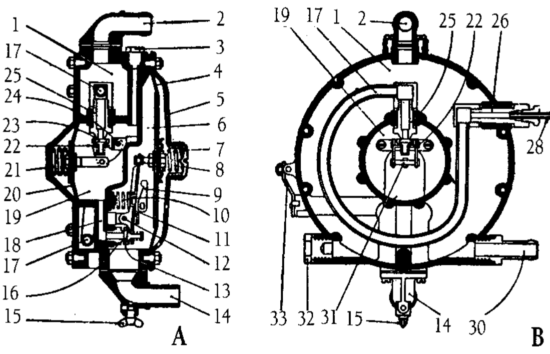


Figura A.17.

El agua caliente que procede de la salida del bloque al radiador entra por 2,2 (se repiten los números cuando están en ambos dibujos A y B) a la cámara 1,1, en la que rodea el cuerpo del reductor primario 19,19, y sale por 30, enfriada, hacia la parte baja del radiador como se explicó en la figura A-16 (tubo 22 de llegada y 23 de salida). Para limpiar la cámara de agua está el tapón 32 (Fig. A-17).

El G.L.P. llega por el tubo 29 y pasa por 26 al tubo-serpentín 17,17, sumergido en el agua caliente de la cámara 1,1, donde recibe un precalentamiento. Por la válvula 25,25 pasa al espacio 19,19 del primer reductor, donde la membrana 20 regula la entrada del G.L.P. líquido con el resorte 21, actuando por la articulación 31 sobre la palanca 22,22, articulada en 24, que manda la apertura o cierra de la válvula de plato 23. Como la fuerza del resorte 21 es fija, la presión de entrada del G.L.P. es constante.

En el espacio 19 ocurre la primera reducción de presión y la conversión del G.L.P. líquido en gas. Cuando el motor está parado, en 19 se establece una presión tal que actuando sobre la membrana 20 vence la fuerza del resorte 21 y, mediante la palanca 22, oprime el platillo 23 de la válvula sobre su asiento 25, cerrando la entrada de G.L.P.. Pero si el motor aspira, al irse gas de 19 baja la presión y el muelle 21 empuja la membrana, abriéndose la válvula 25.

Desde 19 el gas pasa por el conducto 18 y válvula 16 a la cámara 6 del segundo reductor, cuya membrana es 4, su muelle es 8 regulable con un tornillo 7; en 5 se señala un orificio que comunica la otra cara de la membrana con la presión atmosférica. La membrana 4 tiene su centro unido a una palanca 11 articulada en 12 y que con el otro extremo manda la válvula 16, cuyo platillo 13 tiende a mantenerla cerrada por la acción del muelle 10.

Cuando el motor no pide gas (no aspira), en la cámara 6 reina la presión atmosférica, que llega del colector de admisión por el tubo de salida del gas, 14; la membrana no actúa y el resorte 10 de la válvula 16 la mantiene cerrada aplicando el plato 13 sobre su asiento.

Si el motor aspira, llega la depresión por 14 a la cámara 6, entonces la membrana se mueve a la izquierda, ayudada por el muelle graduado 8, vence al resorte 10 y abre la válvula 16, permitiendo el flujo de gas, que por 14 pasa al mezclador. En 15,15 puede haber un grifo de purga para la canalización del gas.

Para facilitar el arranque con G.L.P. en tiempo frío, suele existir un dispositivo *cebador*, que en la figura A-17 está formado por la palanca exterior 33 que, mediante la 9, actúa sobre la 11 del segundo reductor. Tirando a fondo durante un momento del botón que va en el tablero, un cable bowden tira de 33, cuyo eje al girar aplica sobre 11 y levanta el asiento 13, con lo que fluye del reductor una cantidad de gas hacia el mezclador, permitiendo un rápido arranque en frío.

3. INSTALACIÓN SOBRE EL VEHÍCULO

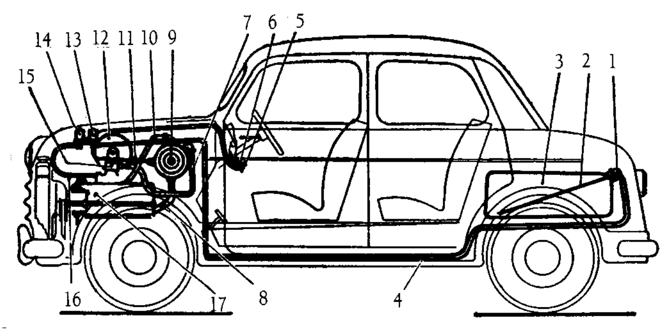


Figura A.18.

En la figura A-18 se muestra la del equipo italo-español Roa-Tartarini. En el portaequipajes se llevan las botellas. El gas licuado 3 se recoge del fondo por el tubo 2 que lleva a la salida una llave de paso de cierre manual 1. Por un tubo de cobre 4 llega a la electro-válvula 13, con filtro, de la que sigue por el tubo 11 al reductor-vaporizador 9. Ya convertido en gas, pasa por el tubo 7 al mezclador 15, que está entre el filtro de aire 12 encima y el carburador de gasolina debajo. El bloque motor es 17. El agua caliente para el vaporizador entra por el tubo 10 y sale por el 8 a la parte baja del sistema de refrigeración.

Para cortar el paso a la gasolina está la electro-válvula 14, desde la que el tubo 16 la lleva al carburador; esta electro-válvula es el suplemento que ha de intercalarse en la instalación normal, entre la bomba y la cuba del carburador.

3.1. Manejo de la instalación

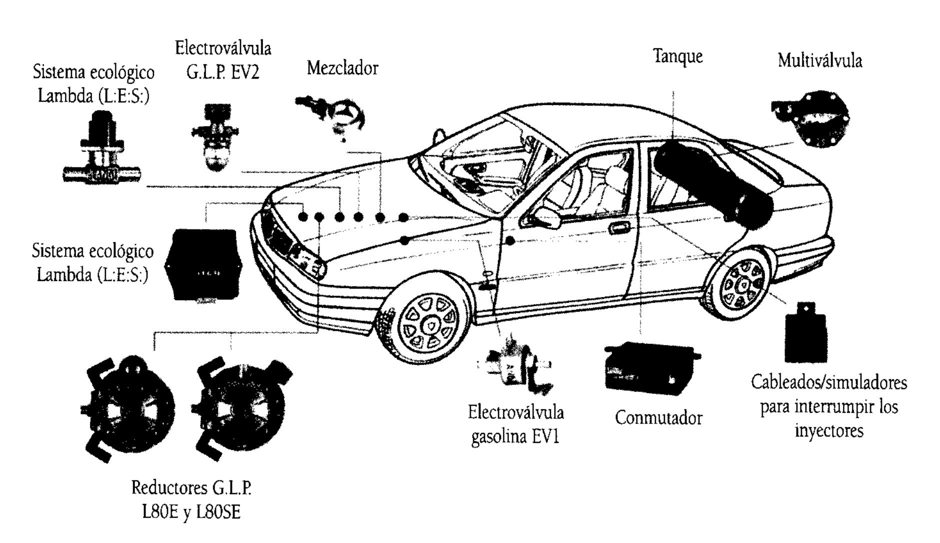
El conductor tiene a su alcance sobre el tablero dos mandos:

- el 6, que mecánicamente por un bowden (Weber) o eléctricamente por un relé (Tartarini), acciona el cebador que da un suplemento de gas para la puesta en marcha, y
- el 5, que es un conmutador eléctrico, giratorio en un solo sentido, para marchar con butano o gasolina (25 en la figura A-16). Colocado en la posición "gasolina" la corriente activa el electro de la válvula 15, que se abre, y como en esta posición se corta la corriente a la electro-válvula 6, ésta cierra el paso del G.L.P. al reductor-vaporizador 8.

Para pasar al funcionamiento con gas se gira el conmutador 25 a la posición "V.V."; vaciado del vaso o cuba del carburador, ambas válvulas quedan sin corriente, cerradas, y el motor funciona alimentado solamente con la gasolina de la cuba, que es necesario agotar.

En cuanto se notan los fallos, se pasa el conmutador a la posición "Gas", se activa la electro-válvula 6 que se abre y deja pasar butano al vaporizador 8.

Para pasar de butano a gasolina se gira el conmutador desde "Gas" a "R.V.", (rellenar el vaso o cuba): se mantienen abiertas ambas válvulas para que el motor siga funcionando con butano mientras se llena la cuba. Al cabo de unos instantes se pasa a la posición "Gasolina" para cerrar la electro-válvula 6. Si se tarda, el motor se ahogará.



Inyección computerizada multipunto secuencial de G.L.P.

G.L.P. del depósito
Rail del G.L.P.
Conexión inyectores
Sensor de presión
Bobinas de encencido
(UCE) Unidad de control electrónica original
Inyectores de gasolina
Inyectores G.L.P.
Multiválvula
Depósito de G.L.P
Tubo de introducción G.P.L.
Bujías de encendido
Bomba de combustible G.L.P.
Punto de introducción de G.L.P
Rail de gasolina
Inyector de gasolina
Colector de admisión
Captador de presión absoluta
Potenciómetro mariposa de acelerador
Sonda Lambda
Captador de régimen
Captador de fase motor

4. CARACTERÍSTICAS DEL FUNCIONAMIENTO CON BUTANO

4.1. Temperatura de vaporización

Todos los carburadores están construidos para mezclar el aire y el combustible en la proporción adecuada para obtener el mejor rendimiento, mezcla que preparan por volúmenes, y no por peso. El mismo volumen de mezcla butano-aire, a la temperatura de 15° pesa un 20 por 100 más que cuando está a 70°. O sea, que a 15° tiene un 20 por 100 más de energía potencial que a 70°. Esto indica dos cosas:

a) conviene que la mezcla pase desde el mezclador, carburador del butano, a los cilindros a la menor temperatura posible,

b) las temperaturas del butano y del aire deben ser lo más parecidas que se pueda a la prevista para el funcionamiento óptimo del mezclador.

En consecuencia, el vaporizador debe ponerse a la temperatura normal lo más pronto que se pueda, para que salga suficiente butano al mezclador y no resulte pobre la mezcla, lo que implica poca potencia, con peligro de quemar las válvulas. Por consiguiente, el termostato del agua de refrigeración debe funcionar adecuada y eficazmente. Si hay tubería de desahogo (Fig. 4.15. 1ªP.) debe taponarse en C para que no funcione, con objeto de que la circulación al principio pase sólo por el vaporizador y llegue a éste todo el calor que se obtenga del bloque.

Al mismo tiempo, para que el butano no salga demasiado caliente del segundo reductor, el vaporizador se ha calculado para que funcione a la temperatura más conveniente al motor, más un grado. La temperatura óptima, común a refrigeración del motor y a calentamiento en el vaporizador es de 77 a 80°. Con gasolina no hay inconveniente en que suba a 85° ó 90°, pero usando G.L.P. la vaporización con estas temperaturas daría un butano más caliente, más dilatado y una mezcla pobre. Por ello, debe comprobarse que el termostato no se abre hasta los 80° y que lo hace precisamente a esa temperatura. La precisión de funcionamiento es importante.

Del mismo modo, el aire no debe admitirse demasiado caliente (dilatado, mezcla rica), por lo que en las épocas calurosas conviene tomar el aire fuera del capó. Se quita el filtro del aire y se empalma un trozo de tubo ancho y flexible al exterior.

Por último está la cuestión de la calefacción de la mezcla. Para la gasolina conviene, para que se vaporice en el colector de admisión; pero con butano es todo lo contrario, pues cuanto más fresca entre la mezcla a los cilindros más contraída y pesada será, y con más energía disponible. La placa caliente P (Fig. 6.50. 1ªP.) debe anularse, si es posible, y por eso se recomienda insertar en 20 (Fig. A-16) una plaquita de amianto. Si el colector de escape lleva aletas para radiarle calor al de admisión, deben quitarse o cambiar el colector. Si lo que hay es circulación de los gases de escape alrededor del colector de admisión (Fig. 6.51. 1ªP.) debe mantenerse la mariposa A en posición de "normal" o salida libre, bien no usando el mando del tablero o, si es por termostato, fijando el contrapeso exterior (Fig. 6.52. 1ªP.) en la posición de motor caliente.

Conseguir esta ordenación de temperaturas es proporcionar al motor hasta un 10 por 100 más de potencia. Bien regulado dará la misma que con la mejor gasolina.

4.2. Compresión

Más atrás quedó dicho que el índice o número de octano es, en cualquier caso, superior a 93 para el G.L.P.. Por consiguiente, la compresión puede y debe ser superior a 7,5.

Si el motor al que se aplica el butano la tiene inferior, puede aumentarse rebajando la culata, adelgazando la junta, cambiando los pistones por otros de cabeza bombeada, etc., tareas que debe calcular y ejecutar un taller responsable. Si ya es de 7,5 o más, no es aconsejable subirla, aunque el butano acepta fácilmente hasta 9, porque el aumento de potencia podría ser fatigoso para los órganos del motor, y cuando se usara la gasolina posiblemente se presentaría la detonación.

En todo caso, se comprende que el butano debe aplicarse a motores nuevos o recién construidos, que tengan excelente compresión. Con motores muy rodados, que pierden compresión por los cilindros, pistones y segmentos gastados, se pierde buena parte de las ventajas que ofrece el butano.

4.3. Encendido

La temperatura de inflamación del butano en la cámara de compresión puede ser hasta un 20 por 100 mayor que la de la gasolina. Por ejemplo, 360° en vez de 300° (se trata de la temperatura de inflamación, no de la que alcanza la explosión, que es mucho mayor). Por este motivo, acaso pueda ser conveniente usar bujías del grado térmico inmediato más frío. Si se ha aumentado la compresión, desde luego deberá cambiarse, pues esta causa se añade a la anterior. A causa de la limpieza interna de funcionamiento que luego se explica, las bujías pueden durar tres veces más que con gasolina.

El encendido convendrá adelantarlo ligeramente. No sólo el gran poder antidetonante del butano lo permite, sino que resulta indicado por ser inferior en el butano la velocidad de propagación de la llama. Pero si se aumentó la compresión, podrá no ser necesario ya que con mayor presión la inflamación se propaga más deprisa. En general, puede adelantarse, pero la práctica dirá cuánto, pues si de vez en cuando se usa la gasolina no habrá de ser mucho, so pena de que aparezca la detonación.

4.4. Lubricación

A causa de diluirse el aceite tiende a adelgazarse, perdiendo viscosidad a medida que se usa con gasolina. Pero con el butano no hay dilución y, por el contrario, a medida que se usa y oxida el aceite al removerse en caliente con el aire del cárter se espesa y aumenta su viscosidad. Por eso se recomienda usar aceite del grado inferior para cada vez que se renueve el del cárter, y de dos grados menos para los añadidos, siempre de la misma clase y marca. Por ejemplo, si el aceite recomendado para usar cuando se quema la gasolina es un SAE.40, con reposición del mismo para restablecer el nivel, cuando en ese motor se queme butano debe llenarse el cárter con un SAE.30, y las reposiciones para completar el nivel se harán con SAE.20 de la misma clase. Si se utiliza la gasolina de vez en cuando, se echará SAE.30 tanto al cambiarlo como al reponer lo gastado.

Como el butano no deja partículas de componentes pesados a medio quemar, lo que sí le ocurre a lo gasolina, la producción de carbonilla y "gomas" es mínima. El motor no se ensucia tanto por dentro y es innecesario por ello el uso de aceites detergentes. En cambio, como la temperatura de funcionamiento en butano es algo superior, conviene aceite de buena clase, de marca acreditada, del tipo "premium" o de primera, con aditivos antioxidantes y anticorrosivos incorporados por el fabricante. Cualquier otro aditivo añadido por el conductor carece de interés y puede ser perjudicial.

No habiendo dilución por la gasolina, ni suciedad o destrucción por "gomas", carbonillas, etc., el aceite debe durar mucho más, y siendo de buena calidad pueden alargarse los plazos para la renovación que se marcaron en los capítulos de "Engrase" y

"Entretenimiento".

Si se usa gasolina en un 10 por 100 del recorrido del vehículo, el cambio no se debe alargar tanto, y en este caso será bueno añadir al combustible dosis de aceite especial para el engrase de la parte alta de los cilindros.

Por las mismas razones que el aceite, ausencia de dilución y de carbonilla, las partes móviles del motor sufren menos desgaste usando butano que con la gasolina, y todas las operaciones de limpieza, reposiciones, rectificados, encamisados, etc. de cilindros, segmentos, pistones y válvulas deben poderse espaciar a plazos mayores.

5. COMPARACIÓN CON EL USO DE GASOLINA

La primer ventaja que se advierte en un automóvil alimentado con G.L.P. es la suavidad de funcionamiento del motor, que aguanta más las marchas sin tener que cambiar ni soportar tirones, ni pica al pisarlo a fondo; las aceleraciones son excelentes sin que aparezca detonación. Tampoco es fácil que se produzca el autoencendido.

La potencia obtenible puede ser equivalente, y en algunos casos superior, a la proporcionada por gasolina. La vida del motor resulta prolongada, y el mantenimiento más sencillo y barato. En los gases del escape hay menos proporción de óxido de carbono, lo que es ventajoso para la circulación urbana. El aumento de peso es tolerable, pero el espacio ocupado por las bombonas disminuye sensiblemente la utilidad del portaequipajes. La seguridad de la instalación es, por lo menos, tanta como la de gasolina, las botellas son francamente más sólidas que el depósito de gasolina, sobre todo en caso de accidente, y los escapes de combustible menos probables y peligrosos.

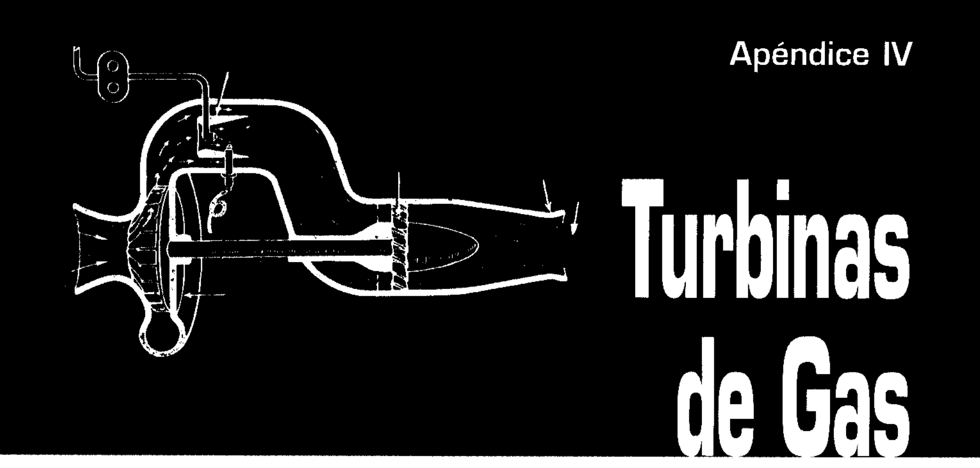
La diferencia de coste entre los combustibles trae consigo un ahorro. Si a esto se añaden las economías antes expuestas en bujías, aceite y duración del motor, puede llegarse al 40 o 45 por 100 de lo que se gastaría con gasolina. El coste de la conversión es menor aún y, por tanto, la economía o aumento de beneficios resulta francamente apreciable.

El inconveniente es la servidumbre a un área de recorridos limitada por el servicio de botellas; aparte de que la aplicación a los vehículos, incluso los tractores agrícolas, no está permitida en la mayoría de los países por razones fiscales. Y también porque si se extendiera libremente a los automóviles el empleo de G.L.P. llegaría a escasear para sobrar gasolina, con desequilibrio peligroso en perjuicio de todos (precio del butano equivalente al de gasolina) y especialmente de las aplicaciones domésticas de los G.L.P.

Notas

1 La mezcla por mitades de butano y propano comerciales (50-50) a 0º se mantiene en la botellas a unos 2,5 Kg. por cm^2 (atmósferas); a 20º sube casi al doble y a 40º se acerca a 8. A mayor proporción de propano, mayor presión. Por esto bien se comprende la conveniencia de tener el vehículo a la sombra; las botellas suelen ir en el maletero de los mismos, que se recalienta mucho si le da el sol directamente. El exceso de presión no es un peligro, porque las botellas están preparadas para soportar mucha más; pero dificulta la acción de los reductores, que trabajan con fatiga.

2 Por las características del gas (número alto de octano y necesidad de chispa para su inflamación) ya se comprende que no es apto para los diesel.



Apéndice IV

Turbinas de Gas

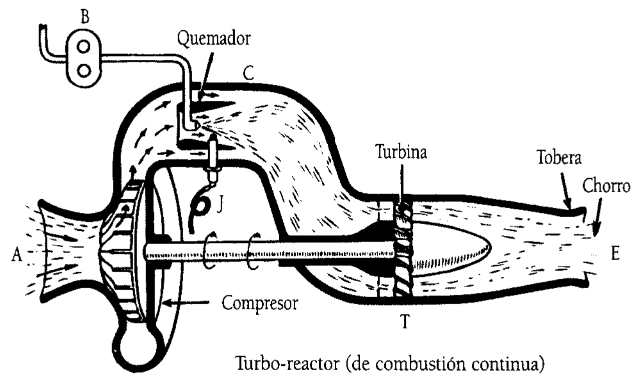
1. GENERALIDADES

Los motores explicados en este libro. bien sean de explosión (combustible gasolina) o de combustión (Diesel, que queman gasoil) tienen dos características típicas: el movimiento alternativo o de vaivén de los pistones y la intermitencia de los esfuerzos que sucesivamente van dando impulsos de giro al cigüeñal. Hasta ahora son los únicos usados en automovilismo, y lo eran con tamaño y potencia mayores en aviación; pero durante la segunda guerra mundial tuvo desarrollo práctico para los aviones un nuevo tipo de motor, en el cual se produce el esfuerzo continuamente, sin piezas con movimiento alternativo: la turbina de gas, en sus dos modalidades *reactores* y *de turbinas* propiamente dichas(1).

El adelanto técnico conseguido en pocos años las presenta como realidades prácticas que, para los aviones de gran velocidad, resultan indiscutibles; es probable que en plazo no lejano destierren a los motores de explosión en casi todos los aeroplanos, y se presenta la posibilidad de que, en su modalidad de turbinas, comiencen a poder tener algunas aplicaciones en automovilismo.

2. FUNDAMENTO DE LA TURBINA

Al tratar del turboembrague se explicó (Fig. 1.13-2ªParte) como una corriente de aire, al incidir sobre unas aspas inclinadas, las hace girar, convirtiendo la energía del chorro en fuerza giratoria sobre el eje. Este es el caso de los molinos de viento, cuyas aspas grandes o pequeñas son, en realidad, verdaderos álabes de una turbina(2).



Turbo-reactor (de combustión continua)

Figura A.19.

El fundamento se explica en la figura A-19: Por A entra aire que un compresor giratorio envía, con presiones de tres a seis kilogramos a pasar por las cámaras de combustión C. En ésta hay un mechero o quemador por el que sale pulverizado el combustible que envía continuamente la bomba B. Una bujía J (que realmente es un encendedor, porque basta que se *inflame la mezcla al principio) enciende el chorro de combustible en el mechero*, y se produce una gran elevación de temperatura y presión en el aire carburado e incendiado. Los gases salen a gran velocidad, presión y temperatura (es decir, con la enorme fuerza expansiva que tiene la explosión en un motor de cilindros) hacia la salida o escape, en cuyo camino hay una turbina T; al incidir violenta y continuamente sobre sus pequeñas aspas o álabes, la turbina se pone a girar recogiendo la fuerza de los gases inflamados.

De esta turbina T se saca movimiento para hacer funcionar el indispensable compresor alimentador de aire, como se ve en la figura. En el compresor se consume entre el 65 y 75 por 100 (de dos terceras a tres cuartas partes) de toda la energía que da la combustión del petróleo; y a partir de aquí es donde se diferencia los *turbo-propulsores* de los *turbo-reactores*. El turbo-propulsor tiene eje motor de salida; el turbo-reactor, no, porque su potencia útil la da directamente el chorro de salida de los gases (empuje).

Si la turbina T recoge en forma giratoria toda la energía del combustible, es decir, toda la fuerza de los gases es evidente que después de gastar ese 70 por cien en el compresor le quedará el resto, como potencia disponible en su eje, para mover la hélice de un avión, o para mover un generador de electricidad que envíe su corriente a mover motores eléctricos acoplados a las ruedas de un vehículo o vagón. Pero la primera aplicación no fue así; la turbina se calculó para recoger ese 70 por 100 necesario para el alimentador de aire y el resto, en forma de chorro de gases a gran velocidad, se lanzaba al aire libre por la tobera de escape: ese violento chorro producía un empuje que provocaba el movimiento del avión portador de la turbina.

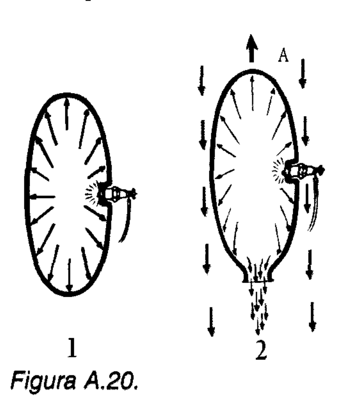


Figura A.20.

En efecto: supóngase (Fig. A.20) un recipiente 1 cerrado y lleno de una mezcla explosiva aire-gasolina, que se inflama con una chispa; se producirá una gran presión en el interior, pero como el recipiente está cerrado, la presión se repartirá equilibrada entre sus paredes y, si estas aguantan, no pasa nada. Si, en cambio (detalle 2), tiene una abertura, por ella tienden a salir los gases a gran velocidad: las presiones se desequilibran y las que se ejercen hacia arriba no tienen la contrapartida de las que actúan hacia abajo, ya que estas ahora se pierden y escapan por el orificio. El resultado es la producción de un empuje A que eleva y mueve el recipiente. Si se supone renovada continuamente la mezcla, el empuje y el movimiento serán mantenidos en tanto dure el aprovisionamiento de la mezcla(3).

Combustible.

Como no hay elevadas compresiones previas a ninguna explosión como ocurría en los motores alternativos, ya no es preocupación el índice de octano, sino que lo que interesa es un elevado poder calorífico por unidad de peso de combustible, y por ello no se usa gasolina buena ni mala, sino que el más conveniente es el queroseno; también se usa gaso-

leo e incluso otros derivados menos refinados. En realidad, cualquier combustible líquido sirve, pero como interesa que lleve el máximo de energía acumulada en su interior (elevado poder calorífico), el mejor es el petróleo. A medida que el uso de las turbinas de gas se extiende a costa de los motores de explosión, se produce un desequilibrio en las refinerías de petróleo y se destinan las mejores gasolinas que consumía la aviación para los automóviles y otros usos. Como el queroseno y el gasoil, entre otros, son más baratos que la gasolina, en parte se compensa en precio el mayor consumo que por ahora tienen las turbinas respecto a sus equivalentes motores alternativos; pero éste no es un argumento de gran valor porque el precio relativo de los combustibles líquidos depende más de los impuestos que del coste en refinería.

3. TURBO-REACTORES

En la figura A.21 se detalla la constitución de un turbo-reactor: el aire entra por A, es aspirado e impulsado a presión por el compresor B, y en las cámaras de combustión C se mezcla con el combustible pulverizado que sale y se quema en los mecheros M. Los gases pasan y dejan en la turbina T la parte de su fuerza necesaria para el compresor B.

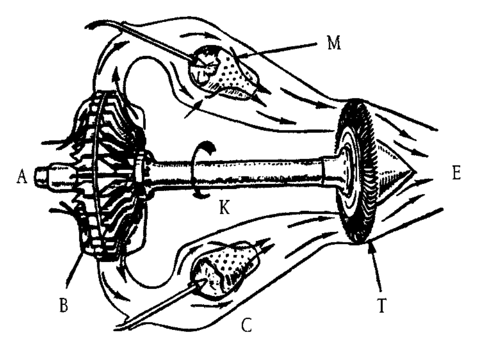


Figura A.21.

En los mecheros se quema el combustible con la proporción justa de aire para producir la combustión completa (unas catorce veces más aire en peso que en combustible); los quemadores actúan realmente como potentes sopletes de soldador. Pero el compresor, además de esa cantidad de aire, llamado aire primario o de combustión, lanza mucho más: como sesenta o más veces aire en peso que combustible; ese exceso de aire llamado secundario o de dilución, tiene por objeto rebajar la temperatura de los gases que salen del mechero (arden a unos 2.000° C.) y hacer que lleguen a los álabes de la turbina a la temperatura que se calculó soportable, actualmente entre 800 y 950° C. La turbina resulta así autorefrigerada. Al pasar los gases por ella y cederle su energía, pierden también temperatura, y el "chorro" que sale por la tobera E lo hace entre 600 y 350° C.

De aquí ya se deducen dos causas fundamentales que harán los turbo-reactores inaplicables a los automóviles: la fuerza y el calor de los gases de empuje que formarían como un ciclón ardiente o violenta estela abrasadora, hasta bastantes metros detrás de la tobera.

En las turbinas no hay frotamientos metálicos como los de pistones y cilindros, por lo que el engrase es mucho más sencillo y limitado a los cojinetes de bolas o rodillos del eje turbina-compresor. Claro está que, como la velocidad de rotación es bastante mayor (de 8.000 a 4.000 rpm), el engrase de tales apoyos debe ser esmerado y abundante.

Empuje y potencia.

Tanto si se usa hélice o se emplea chorro de gases para propulsar el avión, la realidad es que éste se mueve hacia adelante porque una masa de aire es proyectada hacia atrás. En el caso de la hélice (Fig. A.22) se desplaza una gran cantidad de aire M a velocidad "v"

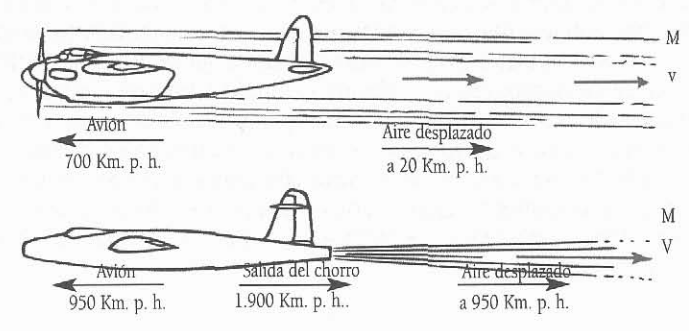


Figura A.22.

pequeña, mientras que con turbo-reactor la masa de gases "m" es menor, pero a mayor velocidad V. En el primer caso, por ejemplo la hélice impulsa el aire en que se "atornilla" con una velocidad de 720 Km./h. respecto al avión: éste corre a 700 Km./h. y deja detrás de sí una corriente con la velocidad remanente de 20 kilómetros(4).

Con reactor el chorro sale por la tobera a 1.900 Km./h. (más de 500 metros por segundo, como una bala, lo que da idea de su enorme fuerza): el avión es empujado hacia adelante a 950 Km./h., de velocidad respecto a la atmósfera circundante(5).

El empuje de la hélice y del reactor son, pues, fuerzas comparables y, como tales fuerzas, se miden en kilogramos. Sin embargo *es de uso general considerar a los motores por su potencia expresada en caballos, mientras que los reactores se miden en kilogramos de empuje.* Para pasar de una a otra medida y poder comparar reactores con motores hay que tener en cuenta que el motor tiene una potencia en el eje, pero el empuje lo ejerce por medio de la hélice, con la pérdida de rendimiento correspondiente.

Llamando R a este rendimiento (que puede suponerse como bueno 0,80), la fórmula de paso es la siguiente:

$$P(cv) = E(Kg.) \times V / 270 \times R$$

en la que V es la velocidad del avión expresada en Km./h.

Si se conoce la potencia de un motor alternativo y se desea saber el empuje que, acoplado a una hélice de rendimiento R, puede dar a V (Km/h), la fórmula es:

$$E(Kg.) = P(cv) \times R \times 270 / V$$

Ejemplo: un reactor da un empuje de 5.000 libras (2.270 kilogramos). Montado sobre un avión que vuele a 930 Km/h. produce un efecto para el cual sería necesaria una hélice (rendimiento 0,80) movida por un motor de potencia al freno:

$$P = 2.270 \text{ (Kg.)} \times 930 \text{ (km./h)} / 270 \times 0,80 = 9.800 \text{ caballos (aproximadamente)}$$

4. EL TURBO-PROPULSOR

Sobre la figura A.19 se explicó que la turbina T absorbía de los gases tan solo la potencia necesaria para mover el compresor, y el resto se usaba como "chorro", obteniéndose así el turbo-reactor o reactor, pero también podía la turbina tomar de los gases toda su energía, en cuyo caso gastaría un 70 por 100 en mover el compresor quedando el resto disponible como potencia útil en el eje, aplicable a mover una hélice o propulsar las ruedas de un vehículo, realizándose de esta forma la turbina propiamente dicha o turbo-propulsor(6).

En los aviones de gran velocidad (del orden de los 900 Km./h.) parece inútil usar la rapidísima corriente de gases para mover una turbina que, a su vez, mueva la hélice que produce otra gran corriente de aire; mejor es usar directamente la corriente de los gases para propulsar el avión. Además el turbo-reactor no comienza a dar buen rendimiento hasta que se mueve a velocidades por encima de los 500 Km./h., porque conviene que la entrada del aire se ayude con la presión que produce la marcha. De aquí que los reactores sean empleados para aviones con velocidad normal superior a los 900 Km./h. y con alturas de vuelo muy elevadas (más de 10.000 metros sobre el nivel del mar) porque ahí es donde el rendimiento es máximo y la refrigeración de los álabes mejor.

El reactor no es, pues, un competidor del motor de explosión más que en casos en los que la hélice no alcanza a proporcionar velocidades y alturas de vuelo tan grandes. En cambio, el turbo-propulsor, naturalmente con hélice, ya parece como un serio competidor del motor alternativo para los aviones con vuelo normal a alturas corrientes y velocidades de hasta 600 Km./h. La hélice ofrece, en el momento de despegue, mayores posibilidades de esfuerzo que el reactor. Claro es que como las turbinas giran a más de 8.000 rpm, frente a las 3.000 de los motores alternativos, y las hélices corrientes lo hacen a unas 1.200, el reductor de velocidad tienen que ser mayor, pero como el uso de hélices pequeñas con muchas aspas y las hélices dobles, que giran una en sentido contrario de la otra, pueden hacerse funcionar a mayor velocidad de rotación, el problema del reductor se simplifica(7).En este aspecto son de interesante aplicación los reactor-propulsores definidos, de los que hay algunos modelos comerciales.

4.1. Turbo-propulsor con doble turbina

En vez de usar una sola rueda de turbina para recoger en ella toda las fuerzas de los gases y mover a la vez el compresor y el propulsor (caso de la figura A.19) puede recogerse la energía en dos turbinas T y R (la parte alta de la figura A.23) colocadas una a continuación de la otra: la T mueve por el eje J el compresor B, y los gases que salen de T (que lo harán con la fuerza con que saldrían a producir empuje en un reactor) pasan por la R a dejar en ella el resto de su energía para transmitir potencia por el eje P a la propulsión deseada.

Esta disposición tiene una gran ventaja para ser aplicada a los automóviles, y es que en el caso de la figura A.19 el par motor (esfuerzo de giro) en la arrancada lo consume casi totalmente la turbina T que mueve el compresor, mientras que en el caso de la figura A.23 el par de T lo consume B, pero el de R queda íntegro para su eje P. Las turbinas tienen un gran par de arranque y con esta disposición se aprovecha tal propiedad para el momento de arrancar el vehículo, que es cuando hace falta un buen par motor. En cambio, para mover una hélice de aeroplano no es necesaria tal complicación y se usa el sistema sencillo de la figura A.19. Más adelante se insistirá sobre este asunto.

5. COMPARACIÓN CON EL MOTOR DE EXPLOSIÓN

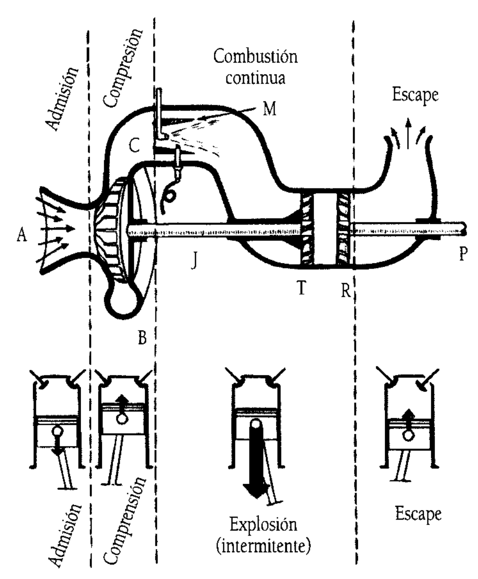


Figura A.23.

En las turbinas de gas se ejecutan, realmente, las operaciones del ciclo de cuatro tiempos (admisión, compresión, explosión y escape), pero, en vez de sucederse unas a otras dando el esfuerzo con intermitencia, aquí se desarrollan simultánea y continuamente. En la figura A.23 se diseña una turbina de gas (que es de doble turbina, pero lo mismo da que sea sencilla o reactor). Se divide la longitud en las cuatro zonas donde se realizan las cuatro fases del ciclo, y se dibuja en la parte baja la fase correspondiente del motor alternativo. El aire se aspira por A (admisión), el compresor B lo lanza comprimido a la cámara C, (compresión) donde un mechero añade y quema combustible continuamente (explosión o combustión), y, por último se van los gases a la atmósfera (escape).

Si se trata de una turbina propiamente dicha (turbo-propulsor), la fase de trabajo es la de combustión, como en el ciclo Otto; pero en los reactores el esfuerzo útil se recoge en el escape (chorro).

- *Las principales ventajas de la turbina y del reactor sobre los motores alternativos son las siguientes:*

1°. El combustible usado es más barato y de producción más fácil: en vez de gasolina con elevado número de octano se usa queroseno o gasoil.
2°. Como todos los componentes son rotatorios las vibraciones quedan virtualmente eliminadas. Esto permite ahorrar peso en las estructuras de los aviones y no molesta a las personas.
3°. Por carec er de piezas con movimiento alternativo se puede operar con mayores velocidades de rotación. El espacio ocupado es mayor y el peso se reduce por lo menos a una tercera parte con los reactores.
4°. No habiendo piezas en frotamiento (pistones contra cilindros, por ejemplo), ni cojinetes o apoyos que sufran los "toneladazos" de cada explosión el engrase es mucho más sencillo.
5°. No necesita sistema de refrigeración.
6°. No se precisa un sistema de encendido complicado.
7°. No es necesario el periodo de calentamiento previo antes de pedirle al motor toda su fuerza.
8°. Menor entretenimiento. Por ejemplo: un Rolls-Royce de pistones 12V, modelo Merlin para aviones, necesita revisión total y reacondicionamiento cada 1.500 horas de fun-

cionamiento. La turbina Conway, también del Rolls, la precisa sólo cada 5.300 horas. Dura tres veces y media más.

- *En cambio, presenta estos inconvenientes:*

- Más cara en coste y consumo. Se están mejorando, y es de esperar que, si en los años que lleva de realización práctica (desde 1943) se han conseguido rápidos progresos, dentro de poco tiempo se podrán superar las actuales dificultades.
- Tampoco se dispone del efecto "freno motor".

- *Los álabes.*

En el motor de pistones la temperatura de la explosión alcanza los 2.000°, pero es un breve instante porque la expansión de los gases la rebaja, las fases de escape y compresión son menos calientes, y la de admisión es refrigerante (por entrar gases frescos y por vaporizarse la gasolina en contacto con cilindro y con pistón caliente). En cambio, en la turbina de combustión es permanente, por lo que se hace entrar más aire para que al llegar los gases de los álabes de la turbina los pasen a la máxima que estos pueden soportar (con los mejores materiales, casi los 1.000°).

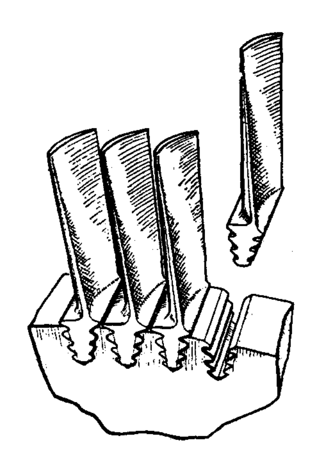


Figura A.24.

Ésta es la parte difícil para la construcción de las turbinas porque conviene la mayor temperatura posible para mejorar el rendimiento, y no es fácil conseguir materiales que soporten continuamente el chorro velocísimo de gases ardiendo, conservando, a la vez y sin fatiga, resistencia mecánica y química (a la oxidación sobre todo).

Generalmente, los álabes (Fig.A.24) se fabrican sueltos y se montan en la rueda o rotor de la turbina.

- *Entre los materiales más usados figuran.*

- Las aleaciones cromo-niquel, con predominio del segundo, y entre ellas las inglesas llamadas "Nimonic", de las que una, por ejemplo la "90", es aproximadamente a base de un 55 por 100 de níquel, 25 por 100 de cromo, 15 por 100 de cobalto y ligeras cantidades de aluminio y titanio. La Nimonic 105, a la temperatura constante de 940°, resiste más de 50 horas el considerable esfuerzo (que no lo tiene en las turbinas) de 11 Kg. por milímetro cuadrado. En Estados Unidos se emplean, además, aleaciones a base de cobalto, cromo y molibdeno, con resistencias análogas.
- Los materiales cerámicos son baratos, fáciles de moldear y sumamente resistentes al calor; pero quebradizos y frágiles. Para remediarlo se acude a la fusión de polvos cerámicos y metálicos, obteniéndose los llamados "cermetes", que conservan todas las buenas cualidades de las cerámicas con mayor resistencia, aunque siempre más frágiles que los metales. Por ejemplo, el cermet americano "Kentanium" (carburo de titanio con 10 al 30 por 100 de níquel) soporta 25 Kg. por milímetro cuadrado a 980° y no es frágil para esta aplicación.
- Se ensayan constantemente nuevas aleaciones y métodos de fabricación para conseguir cada vez mejores materiales, más baratos y fáciles de trabajar.

- *Potencia.*

Como en el turbo-reactor no hay eje que comunique el esfuerzo a ningún mecanismo, porque se utiliza directamente el empuje, se emplea el valor de éste en kilogramos, como ya se dijo. En cambio, el turbo-propulsor tiene el eje motor de salida, como los motores de émbolo, y por tanto, en él se mide el par y se expresa la potencia en CV.

6. APLICACIÓN A LOS AUTOMÓVILES

Desde 1948 se intenta aplicar las turbinas de gas a los automóviles, mejor dicho: se intenta construir una turbina aplicable a la propulsión terrestre. La diferencia con las aéreas radica en la mucho menor potencia que se necesita en los automóviles, ya que ninguno de estos precisa, dados su peso y la máxima velocidad realizable, un propulsor de mucho más de 150 caballos frente a los miles de caballos de las turbinas fabricadas para aviación. Lo que para el aire está casi prácticamente resuelto es aún un problema para el automovilismo.

Pudiera parecer que con reducir proporcionalmente las dimensiones se resolvería el problema; pero lo mismo que un autobús para 60 pasajeros reducido en proporciones a la décima parte no resulta un vehículo para seis personas, de igual modo se plantean aquí dificultades que han de resolverse todavía, aunque se van venciendo poco a poco.

6.1. Dificultades

En primer lugar está la de las holguras y tolerancias: los componentes de una turbina de 5.000 CV pueden reducirse a escala, pero los límites de tolerancia en holguras, peso y ajuste no pueden rebajarse en la misma proporción, porque ya se usaron los mínimos posibles en la grande.

Se presenta luego otro problema: cada álabe de turbina es como un plano aerodinámico, que ya trabaja en una corriente de fluido análogamente a como lo hace un ala de avión, y por tanto, está sometido al efecto Reynolds, según el cual las pérdidas son tanto mayores cuanto más pequeño es el tamaño del plano o álabe.

Por las dos causas expuestas, una turbina pequeña, de 200 caballos, por ejemplo, tendrá menor rendimiento que otra de 5.000 CV; aproximadamente como una quinta o sexta parte menos de eficacia, de modo que si la grande podía rendir en potencia útil un 26 por 100 del poder calorífico del combustible, la pequeña sólo dará un 20 por 100. Esto no es como para descartar las turbinas en automovilismo, pues el rendimiento térmico no es factor decisivo. En efecto, el que se emplee una u otra clase de motor depende de una serie de factores: no sólo interviene el consumo, sino también el tamaño, peso, coste de producción y mantenimiento, sencillez, facilidad y docilidad de servicio, aptitud, número de componentes auxiliares requeridos, facilidad de control, ruidos, olores, etc. Todos y cada uno tienen su influencia. En el caso de las turbinas de gas ya se dijo que se trabaja activamente y con prometedores resultados en los aspectos de coste y consumo.

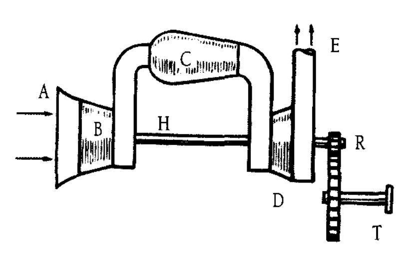


Figura A.25.

Un tercer problema que se presenta y es inevitable, es que a medida que se reduce la potencia tiene que aumentar la velocidad de rotación. El rendimiento impone que los álabes trabajen a una determinada velocidad lineal respecto al fluido en que se mueven, o sea, que la velocidad periférica del borde del rotor (álabes de la turbina) debe ser prácticamente la misma, sea grande o pequeña la turbina. Por consiguiente, a medida que el tamaño es más pequeño, la velocidad de giro tendrá que ser más grande.

Como las dimensiones lineales de la turbina varían con la raíz cuadrada de la potencia, en la misma proporción aumentará la velocidad de giro. Si una turbina de 4.000 CV gira a

8.000 rpm, la de 170 CV habrá de girar a 40.000 rpm De este orden son las cifras reales; y se plantean *reductores* que han de trabajar a tales velocidades. Especialmente los últimos son de considerar, porque habrá que reducir a la décima parte más o menos la velocidad de giro para encontrarse en el árbol de transmisión con una "directa" análoga a la del motor de explosión de 4.000 rpm. Serán necesarios engranajes de alta calidad con talla helicoidal para que no produzcan ruido, y todo ello se traduce en un aumento de coste.

Anteriormente ya se dijo que el uso de una sola turbina para propulsar un automóvil tenía el inconveniente de que el par motor quedaba muy reducido a bajas velocidades. En la figura A.25 se representa el esquema: el aire entra por A aspirado por el compresor B que lo envía comprimido a la cámara de combustión C, donde al quemarse la inyección contínua de queroseno, se elevan temperatura y presión; los gases pasan a alta velocidad por la turbina D, y por E son expulsados a la atmósfera. Al dejar en D toda su fuerza, el eje H de la turbina no sólo mueve el compresor B, sino que sirve al engranaje reductor R la potencia necesaria para que el árbol de transmisión T la comunique a las ruedas propulsoras.

En el momento del arranque y a bajas velocidades de giro, el vehículo necesita del motor el máximo par capaz de suministrarle, y es en esas condiciones, precisamente, cuando por ir despacio el compresor también necesita el máximo, de modo que éste lo absorbería y no quedaría apenas para el vehículo. Como, además, el automóvil tiene una velocidad muy variable, según las circunstancias del tráfico, y en cambio, el compresor, para que trabaje en rendimientos admisibles, tiene que girar a velocidad elevada y constante, se necesitaría una caja de cambios a la salida de R con un mínimo de ocho combinaciones. El trabajo para el conductor y el coste y estorbo de tal cambio lo hacen prohibitivo.

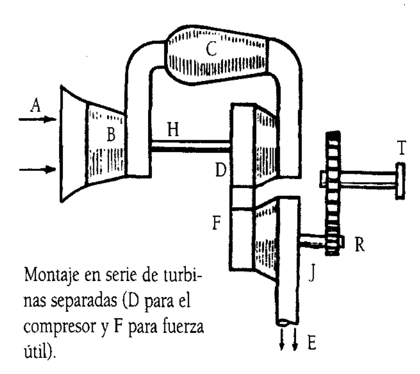


Figura A.26.

6.2. Solución

La solución *doble turbina o turbina libre* fue encontrada en Alemania durante la 2ª guerra mundial, cuando se buscaba un motor ligero y potente (de centenares o más de mil caballos) para los grandes carros de combate. Aunque no hubo tiempo de que cuajase en realidad, es la idea sobre la cual se ha trabajado en los últimos años.

Fue indicada en la figura A.23, y el esquema de montaje se expone en la figura A.26: los gases calientes procedentes de la cámara de combustión C pasan primero por la turbina D (que por H manda el compresor B), y a la salida de D pasan a la segunda turbina F, de eje independiente, donde dejan el resto de su fuer-

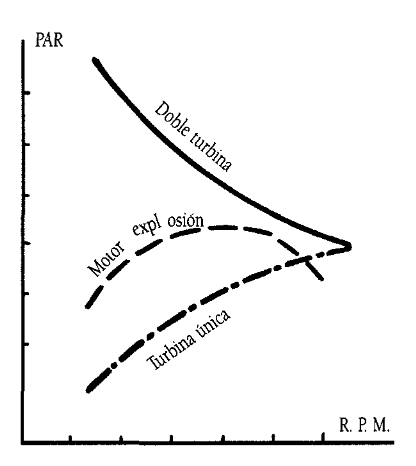


Figura A.27.

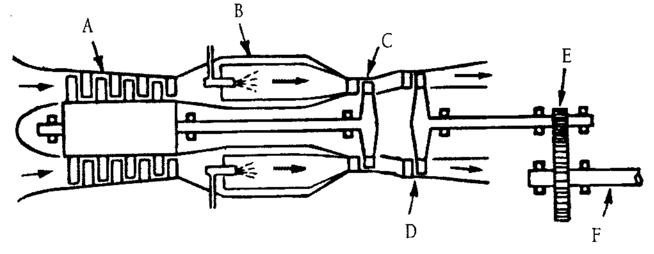


Figura A.28.

za, que se comunica en potencia al eje J, engranaje reductor R y árbol de transmisión T.

El gobierno de la turbina se hace, como en todas, variando la cantidad de combustible inyectado en la cámara C, y el conjunto está calculado para que, según sea la potencia necesaria en la F, así sea el suministro en C, de modo que la turbina del compresor sirva adecuadamente los gases precisos a la F, pues entre D y F sólo hay gas en movimiento, sin ningún enlace mecánico. Se consigue de la siguiente manera: en primer lugar, que el compresor trabaje a la velocidad más conveniente, sin tener que ver con la del vehículo, y luego, que cuando se necesita un gran par motor para las ruedas, pueda proporcionarse sin perjuicio del rendimiento del compresor; el resultado es aún mejor que con el motor de explosión.

En la figura A.27 se dibujan las curvas que indican como varía el par según la velocidad de rotación: de trazos el de un motor de explosión, que baja al disminuir el giro de un cierto valor (sobre la mitad del máximo número de revoluciones); de rayas y puntos la de turbina única, que desciende aún más deprisa; y de trazo lleno el par a la salida de la segunda turbina, se ve aumentado considerablemente cuando baja la velocidad. Esto es, justamente, lo que hace falta en los automóviles, y resulta así que puede prescindirse del cambio de velocidades, puesto que el enlace por gases entre las turbinas D y F (Fig. A.26) equivale, en realidad, a un *convertidor de par* como los explicados al tratar de los cambios de velocidades, sólo que ahora no es hidráulico, sino neumático: el fluido de enlace no es líquido, sino gaseoso. Las soluciones prácticas que se buscan para el automovilismo se basan en este uso de dos turbinas en serie.

En la figura A.28 se dibuja el esquema de una doble turbina de montaje en serie: A, es el compresor; B, las cámaras de combustión con sus mecheros; C, es la turbina que mueve el compresor; D, la segunda turbina que por el engranaje reductor E manda el árbol de propulsión F. Comparando el compresor A con el B de la figura A.21 (que muestra cómo son en realidad los álabes de compresor y turbina) se apreciará que mientras el B es de aspas que echan hacia afuera, radialmente, el aire al comprimirlo (*compresor radial o centrífugo*), el A de la figura A.28 está formado por una rueda de turbina con varias coronas de álabes intercaladas entre otras coronas de álabes fijas a la carcasa o cárter: este modelo de compresor en "escalones", que lleva el aire comprimiéndose paralelamente al eje, se llama *axial*. Ambos tipos se usan para las turbinas de gas, y a veces se combinan poniendo uno centrífugo a la salida de la última corona del axial.

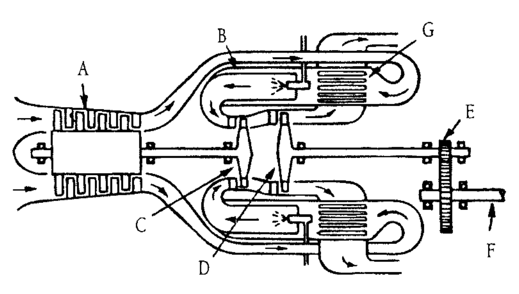


Figura A.29.

También se ve en la figura A.28 que ante cada rotor de turbina (C y D) pueda haber una corona fija de ála-

bes (llamada estátor) que sirve para comunicar a los gases el ángulo de incidencia más favorable sobre las aletas del rotor. Asimismo puede haber escalones en la expansión de los gases en las turbinas, con dos o más coronas de álabes en serie, intercaladas las coronas-rotores con las coronas-estátor. Uno de los estátores, precisamente el que está ante el rotor D (turbina de potencia), puede tener los álabes orientables para mejorar el consumo y conseguir mejores aceleraciones, incluso freno motor. Así es el sistema usado por Chrysler, que más adelante se detalla.

La constitución de los quemadores o mecheros se diseña esquemáticamente en la figura A.21: el combustible sale por uno o varios orificios, en cierto modo parecidos a los inyectores para diesel, pero aquí de chorro continuo provocado por la presión que le suministra la bomba de combustible.

6.3. Empleo de recuperadores

Para mejorar el rendimiento de la turbina de gas se puede hacer que el calor de los gases de escape se comunique al aire comprimido, antes de que éste queme el petróleo en la cámara de combustión. El *recuperador* mejora apreciablemente el rendimiento térmico de la turbina, entre un 5 ó 6 por 100, es decir, que en vez de obtenerse como trabajo útil el 20 por 100 de la energía contenida en el combustible, se podría llegar hasta el 26 por 100. Aunque es algo voluminoso, es complicada la colocación y, naturalmente, la encarece; las instalaciones de turbinas para automóviles que se vienen ensayando suelen tener recuperadores.

6.3.1. Recuperador estacionario o recuperatorio

Éste se describe en la figura A.29: A, es el compresor axial del aire que sigue por el camino de las flechas al recuperador G, donde pasa por tubos rodeados por los gases de escape; recalentado aquí sigue a las cámaras de combustión B y de éstas a las turbinas independientes y en serie C y D; a la salida de esta última los gases de escape comunican su calor remanente en G al aire que entraba desde el compresor y luego son expulsados a la atmósfera. A este sistema pertenecen los recuperadores usados en los modelos experimentales de Rover y Austin, por ejemplo.

6.3.2. Recuperador regenerador o giratorio

Este sistema es empleado por Chrysler y la General Motors (en su Firebird II), y consiste esquemáticamente (Fig. A.30) en un grueso disco o tambor D, lleno de orificios o pasos en malla de metal, que gira lentamente (unas 10 a 30 vueltas por minuto) en un conducto grande por donde se hacen circular: del escape de la turbina ET al silenciador S los gases calientes G producto de la combustión; y el aire A desde la salida del compresor P hacia el quemador Q. Los gases calientes ocupan como dos tercios del paso total, y el aire comprimido la tercera parte restante. Ambos conductos están separados por tabiques, excepto donde está el tambor D, en que la marca B no es tabique sino para señalar en el dibujo las secciones de paso desiguales de gases de escape y de aire. Al pasar los gases calientes por las mallas o tubos de la zona K se enfrían aquéllos cediendo calor, que a su vez es transmitido al aire que circula por la parte F del disco cuando las mallas llegan a ésta. El ciclo es continuo: calentamiento del tambor en la parte K y

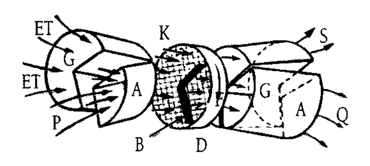


Figura A.30.

enfriamiento en la F, rebajando la temperatura de los gases de escape para aumentar la del aire. Como es natural, hacen falta unas juntas estancas, bastante delicadas, entre el tambor y las partes fijas, para que no se fugue el aire hacia el escape.

Gracias a los recuperadores, el consumo de combustible se ha reducido apreciablemente, llegándose a cifras comparables con las del motor de pistones equivalente, para una marcha uniforme, pues en condiciones de tráfico variado es aún mayor.

6.4. Mandos

De lo explicado se deduce que el mando de los automóviles con turbina acaso pueda ser más sencillo que con motor de explosión, puesto que bastan los pedales del freno y acelerador para mandar el vehículo. Actuando la doble turbina como convertidor neumático de par (enlace fluido) no son necesarios el embrague ni la caja de cambios. Sin embargo, quizá se ponga el primero para mayor seguridad o por exigirlo las leyes en los países productores; y como habrá que dotar al automóvil de un mecanismo de "marcha atrás", quizá se aprovechen estos engranajes para poner una "primera" desmultiplicada, de uso en tráfico atascado y terrenos difíciles. No obstante lo expuesto, el "turbocar" Chrysler 1963 está dotado de una caja automática de tres velocidades adelante (Torqueflite sin el convertidor de par).

6.5. Consideraciones finales

La ausencia de vibraciones, por carecer de piezas con movimiento alternativo y golpeos intermitentes, impartirá una suavidad extrema al funcionamiento del motor, y con ello se evitará la peligrosa fatiga del conductor al cabo de varias horas de estar sometido su organismo a las aparentemente inapreciables vibraciones que le penetran; causa ésta, según las últimas investigaciones, del sueño que acomete en los largos viajes. Cuando menos se eliminará la fatiga de los materiales y personas.

Los ruidos serán de otra naturaleza; probablemente se sustituirá el tono grave del zumbido de los actuales motores por otro más tenue, pero agudo y silbante, que obligará a apantallar acústicamente las turbinas. La admisión del aire se apagará con el filtro. El escape tendrá que dejar salir unas cinco o seis veces más volumen de gases que con los alternativos, a causa del aire de dilución que aquí se añade al necesario para la combustión.

El ruido acaso más temible, pero que podrá silenciarse a costa de mayor coste, será el del engranaje reductor.

Un inconveniente que se nota al conducir es el retraso en reaccionar al acelerador. Debido a la inercia de las piezas giratorias a gran velocidad, alcanza valores de varios segundos entre el momento de pisar o soltar el acelerador y la correspondiente respuesta del motor.

Las averías serán más escasas debido a la ausencia de los sistemas de refrigeración y encendido, simplificando el entretenimiento. A juzgar por la experiencia de los aviones con turbinas, el personal dedicado a mantenimiento y reparaciones en los talleres se podrá reducir sensiblemente.

Por último hay que observar que, si bien el arranque con motor eléctrico será tan fácil y sencillo como en los motores alternativos, en cambio es dudoso que se pueda hacer a mano, por la mucha velocidad que se precisa dar a la turbina para que el compresor envíe aire suficiente a la cámara de combustión. Por lo menos se necesitará un dispositivo nuevo.

Y, desde luego, no se podrá arrancar empujando el vehículo, por no haber enlace sólido ni hidráulico entre las turbinas: las ruedas están separadas del motor por medio del aire.

Hasta ahora nada impide que dentro de unos pocos años puedan aparecer las turbinas de gas aplicadas prácticamente al automovilismo. Pero queda mucho por hacer, han de resolverse muchos problemas y, al final, lo probable es que se apliquen a los grandes camiones y autobuses que realizan largos recorridos: en ellos (y, naturalmente, en algún automóvil de lujo y deportivos) es donde primero podrán aplicarse las elevadas potencias de las turbinas y amortizarse mejor su mayor coste. Para los automóviles corrientes y utilitarios no parece por ahora que el motor alternativo, más barato, eficiente, de consumo inferior a la turbina, de potencia flexible y reducida, y con la experiencia de millones de unidades rodando por el mundo, sea desplazado en bastante tiempo.

7. PROTOTIPOS DE AUTOMÓVILES CON TURBINA DE GAS[8]

7.1. El Rover inglés

Es el más adelantado en su experimentación. Su segundo modelo fue montado en un chasis de esta marca y probado oficialmente sobre pista el 9 de Marzo de 1950, fecha memorable en la historia del automovilismo. Con sus 200 CV de potencia alcanzó los 140 Km./h. en velocidad normal, girando la turbina a 35.000 rpm. Sin embrague ni cambio de velocidades adelante, el vehículo estaba provisto de un inversor de marcha mandado por palanca.

En 1952 y 1956 se probaron nuevos modelos (con el equipo motor atrás); el segundo, con 110 CV de potencia y recuperador estacionario, ya ofreció un consumo de 20 litros, cifra interesante comparada con las anteriores (de 30 a 35 litros por cada 100 kilómetros.).

En 1963 corrió con éxito las "24 horas de Le Mans" a una media de 173 Km./h. un chasis BRM dotado de la nueva turbina Rover: compresor centrífugo con su turbina radial montada "espalda contra espalda" (como la RA de Ford en la figura A.37); el rotor de potencia en eje independiente comunicando con la transmisión, es del tipo axial.

En cuanto al montaje en automóviles de turismo se ensaya el modelo T4 provisto de esa nueva turbina (2S. 140 CV) con intención de comercializarlo; el grupo motor va adelante, en un sedán de cinco plazas, con propulsión trasera. La velocidad alcanzada pasa de 160 Km./h. y el consumo oscila entre 15 y 18 litros a los 100 kilómetros. Para evitar el retraso en la aceleración se ha elevado el ralentí del rotor de compresión a 40.000 rpm; y, a fin de que no resultara excesivo el consumo de combustible, el compresor tiene un estátor previo cuyas paletas limitan el paso de aire en ralentí a lo necesario para una mínima salida de queroseno.

7.2. El Chrysler

La otra turbina para automóviles que parece más intensamente conseguida y trabajada es la americana Chrysler. Después de reiterados ensayos con el modelo CR2A en vehículos de Plymouth y Dodge, en 1963 se construyó una preserie experimental de 50 vehículos Chrysler (Fig. A.31) para probarlos con usuarios corrientes, como ensayo decisivo para la comercialización del modelo (que, naturalmente, tendrá carácter deportivo de lujo). El grupo motor A.831 está adelante, como en los automóviles clásicos.

Puesto que el aire consumido es varias veces superior al necesario para la combustión, según ya se explicó, sus filtros A en la entrada son enormes. La batería está en B (recuérdese que con turbina no hay refrigeración y, por tanto, no hay radiador: su sitio lo ocupan

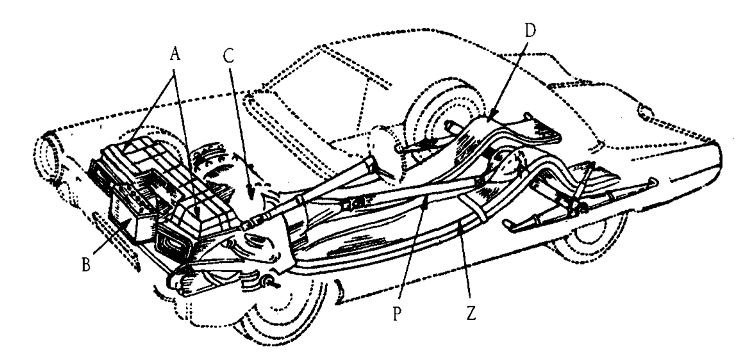


Figura A.31.

las amplias entradas de aire que señalan las flechas). En C va la turbina; P, es el árbol de transmisión a las ruedas traseras.

Como los gases de escape son varias veces más voluminosos, por el aire suplementario, que en el motor de pistones equivalente, los dos tubos de escape derecho D e izquierdo Z, a la vez silenciadores, son de gran tamaño, como muestra el dibujo.

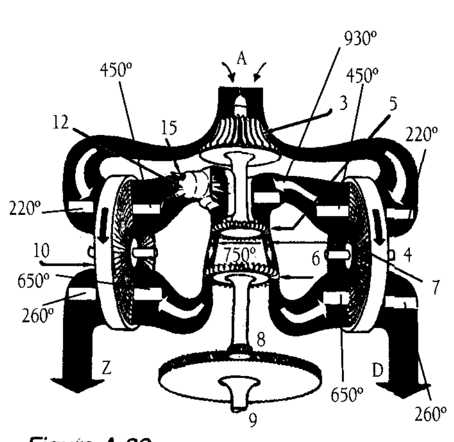


Figura A.32.

El esquema de la turbina (Fig. A.32) señala en A la entrada del aire que el compresor centrífugo 3 envía por dos conductos a derecha e izquierda a calentarse en los dos regeneradores 4 y 10 (parte calefacción). El aire se carbura con el queroseno (o gasoil) que sale constantemente por el inyector 12 y la mezcla se mantiene inflamada con las chispas que continuamente saltan en la "bujía" 15.

Conviene observar que, en realidad, bastaría una chispa que iniciara el encendido, ya que éste se sostendría por la continuidad de la entrada del combustible; pero como cada vez que se suelta el pedal del acelerador (esto ocurre en casi todas las turbinas) se corta la alimentación para no desperdiciar petróleo, se mantiene un "chisporroteo" en la bujía a razón de 80 a 200 chispas por segundo.

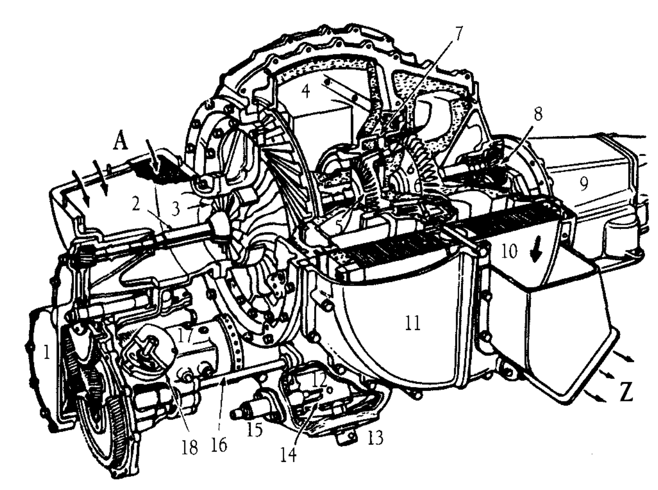
La temperatura del aire sube en unos 220° al comprimirse en 3. En los regeneradores alcanza los 450° (véanse las cifras del dibujo), y al arder la mezcla pasa a 930° por los álabes del rotor 5 (y su estátor inmediatamente anterior) que mueve al compresor 3. Por el rotor de potencia 6 pasa a 750°, y pierde los últimos 400° en los regeneradores giratorios 4 y 10 (parte refrigeración). Luego siguen los gases al escape por ambas salidas D y Z (derecha e izquierda). El giro motor de 6 pasa al reductor 8 para seguir al eje del cambio de velocidades 9. Ese marcado cambio de calor en los regeneradores 4 y 10 (que rebaja en 400° los gases de escape para subir en más de 200° el aire del compresor), combinado con la incidencia variable sobre los álabes de 6 (que luego se explicará), son los que han mejorado sensiblemente el rendimiento de la turbina.

Los tambores 4 y 10 (en "nido de abeja" como los radiadores de agua) de 38 cm. de diámetro, giran lentamente entre 9 rpm (ralentí) y 22 rpm (máxima). La turbina 5 gira entre 18.000 a 20.000 rpm (ralentí) y el régimen máximo da 44.600 rpm. La turbina de potencia 6 lo hace entre cero (parada en ralentí) y el máximo de 47.500 rpm.

La figura A.33 representa la turbina cortada, cuyos componentes se detallan en la leyenda, señalados con los mismos números y letras que en la figura anterior. El eje 2 del turbo-compresor 5-3 engrana a la izquierda con un eje vertical que lleva el movimiento al eje de engranajes 1 para mandar los accesorios, como son la dinamo y el eje 16 que transmite movimiento a los recuperadores giratorios, de los que se ve cortado el 10 de la izquierda (salida de gases Z). Como los tambores 10 y 4 giran a lo más a 22 rpm. cuando el eje 2 lo hace a 44.600 vueltas, la reducción de 2.000 a 1 necesita un complicado tren de engranajes: el vertical, el del cárter 1 y la parte que está a continuación del eje 16 para mover lentamente los tambores 4 y 10.

El mando 7 de los álabes giratorios en el estátor anterior a la turbina de potencia (rotor 6) se detalla en la figura A.34. La caja 1 contiene dicho mando; por 3 llega, desde la instalación hidráulica central, el aceite a presión que, por la garganta del doble émbolo P, puede seguir al distribuidor giratorio 5 (mandado por una varilla desde el acelerador 8), siguiendo a empujar el pistón diferencial 4. El empuje del aceite a presión sube a 4 que, por las varillas y palancas dibujadas, mueve la corona dentada C, cuyo engranaje con sectores como S (hay varios) hace girar a los ejes de estos y, por tanto, de los álabes 6 del estátor (se dibuja sólo uno), cambiando la orientación de los gases que pasan a incidir sobre los álabes 7 de la turbina de potencia T (la 6 en la figura anterior).

Cuando, por ejemplo, se suelta el pedal del acelerador 8 para contener al vehículo, el distribuidor 5 corta el paso a la parte superior de 4 dejando que actúe sólo la parte inferior; sube 4, la corona C se mueve a la derecha, los sectores S giran a la izquierda y sus ála-



A. Entrada de aire.
Z. Salida izquierda de los gases quemados.
1. Engranajes reductores para los accesorios.
2. Eje del compresor 3 y su rotor 5.
4. Cárter del regenerador de calor derecho.
6. Turbina de potencia (para la transmisión 8-9).
7. Mecanismo de orientación de los álabes del estátor anterior a los álabes de la turbina 6.
8. Eje de 6 y reductor de velocidad para la transmisión 9.
9. Caja de cambios Torqueflite (sin embrague ni convertidor de par); tres velocidades adelante, de paso automático, y marcha atrás.
10. Cambiador de calor giratorio (regenerador) de la izquierda. Parte refrigeradora.
11. Cárter de la parte calentadora del aire de entrada (en el regenerador de la izquierda).
12. Cámara de combustión.
13. Inyector continuo de combustible.
14. Puntas o chispero de la "bujía" 15.
16. Eje que lleva el movimiento para los regeneradores 4 y 10.
17. Arrancador eléctrico.
18, Ruptor del encendido.

Figura A.33.

bes 6 toman la posición señalada en el dibujo F, enviando los gases sobre la espalda de los álabes 7 de la turbina T, con lo que frenan sus movimientos: se obtiene el efecto "freno motor".

En cuanto la velocidad del vehículo baja a 24 Km./h. el aceite que desde la transmisión automática llega por 2 carece de fuerza para mantener empujado al émbolo P, cuyo muelle lo sube cortando el paso del aceite a presión de 3 a 5, y, por tanto, desaparece la acción anterior sobre 4; éste baja y los sectores S viran los álabes a derecha (posición E) suprimiendo el efecto del frenado. Según el juego de las presiones de 3 y 2, y la posición del distribuidor 5 mandado por el acelerador, así se orientan los álabes del estátor en la forma más conveniente para cada circunstancia. La posición E es para la marcha económica.

La potencia máxima es de 130 CV a 3.600 rpm en el eje de entrada al cambio 9 (Fig. A.33). Pero es de advertir que, así como en los motores de émbolos la potencia SAE prescinde de todos los accesorios, según quedó indicado al principio de éste libro, para las turbinas de gas los tiene íntegramente en cuenta, o sea, que esos 130 CV son los que realmente llegan disponibles al eje del cambio 9. Por tanto, equivalen a casi 200 CV de un motor de pistones. El consumo oscila entre 15 y 20 litros de queroseno por cada 100 kilómetros.

La falta de enlace mecánico entre los rotores 5 y 6 (Fig,s.A.32 y A.33) tiene como consecuencia que mientras la turbina de fuerza 6 se inmoviliza al detenerse el vehículo, la 5 del compresor sigue girando a la velocidad del ralentí; por esto no es posible "calar" el motor.

Antes se dijo que al levantar el pie del acelerador se cortaba el suministro de combustible; esto es cierto hasta que la turbina primaria cae a la velocidad de ralentí, en cuyo momento se restablece la alimentación de petróleo en la cantidad necesaria para ese régimen.

Como no se dispone de la fuerza de vacío que en los motores de émbolo sirve para accionar el servofreno, Chrysler ha montado un sistema de aire comprimido accionado por un pequeño motor eléctrico.

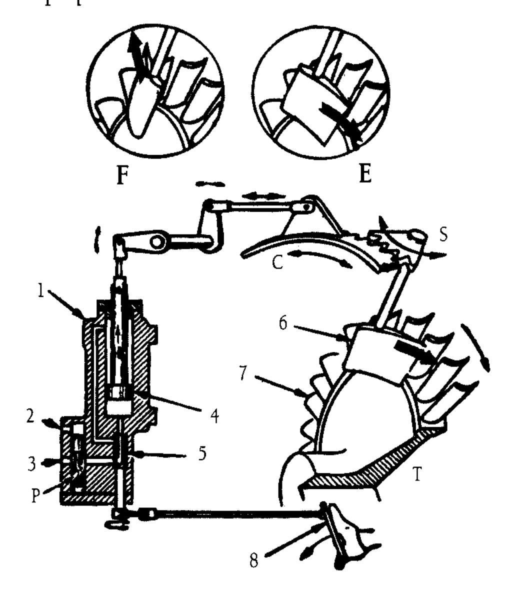


Figura A.34.

Otra particularidad interesante es que, análogamente a lo preconizado por Citroën en su DS-19, el turbocar Chrysler dispone de un sistema hidráulico central que atiende la servodirección, los embragues y frenos de cinta del Torqueflite, y al mando de los álabes orientables en el estátor de la turbina de potencia. El líquido empleado es el mismo aceite que se usa para el engrase de los ejes de turbina, órganos auxiliares, cambio, etc. En su recorrido se le hace pasar por un radiador para que se refrigere. La bomba que le da presión está colocada en la parte posterior de la turbina, movida (Fig. A.33) por el eje 16 que manda el mecanismo que hace girar los dos cambiadores de calor (generadores 4 y 10).

7.3. El Boeing

Otro ensayo de importancia es el efectuado, primero en un viaje de 24.000 Km. con 550 horas de funcionamiento, y después con varias unidades en servicio corriente para una empresa petrolífera, por la casa Boeing con su turbina sobre camiones Kenworth de doble eje trasero propulsor (Fig. A.35) con peso bruto, incluido el remolque, de 31 toneladas.

La turbina (Fig. A.36) tiene dos inyectores 1 de combustible; el aire entra por 2, el compresor 3 a 36.000 rpm lo comprime y sale caliente en 4 a unos 170°, en los mecheros 6 arde la mezcla que pasa por 7 a los álabes del rotor 14 a 180°. El rotor mueve por su eje 8 al compresor 3. Por 9 pasan los gases a mover el rotor de fuerza 13 y de éste salen al escape a 630°. La turbina de potencia 13 gira a un mínimo de 25.000 rpm, que el doble engranaje epicicloidal pasa al eje de la transmisión 12 a 2.300 rpm.

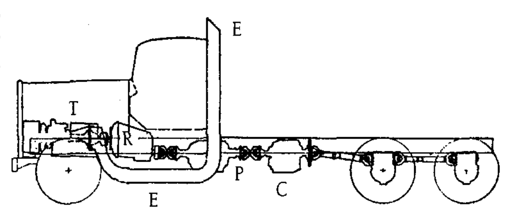


Figura A.35.

7.4. Ford

En la figura A.37 se dibuja el esquema de la turbina ensayada por Ford: el aire entrante A se comprime primero en C1, compresor de baja movido por el rotor RB, por el que pasan los gases al final, después de actuar en el rotor de potencia RP que transmite el esfuerzo motor al reductor de giro y transmisión S. El trayecto de aire y gases está marcado por una línea con puntas de flecha; a la salida de C1 (compresión 4) está a 230° y se hace enfriar en el radiador de aire F porque se va a someter a una nueva compresión.

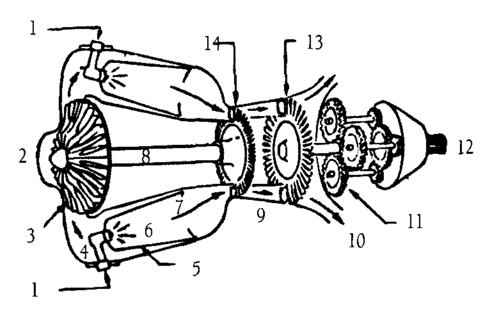


Figura A.36.

El radiador F está ventilado por una transmisión desde el eje del segundo compresor o de alta C2: con esta nueva compresión de relación 4 resulta a 4 x 4 = 16 respecto a la entrada A, y sube a la temperatura de 330°. Ahora es cuando se le calienta: a su paso por el recuperador K sube a 540°, así entra en el inyector-quemador J1 del que los gases ardiendo pasan a 930° por el rotor de alta RA: es radial y está "espalda contra espalda" con el compresor de alta C2 al que da movimiento. Como la temperatura ha bajado a 730°, la mezcla pasa

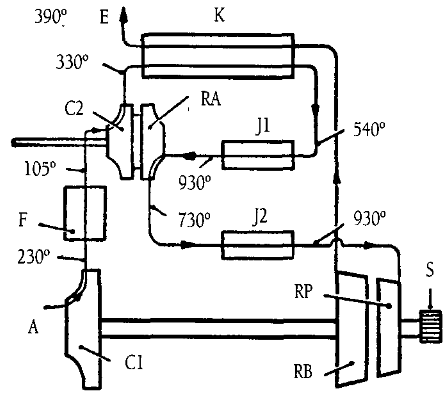


Figura A.37.

MARCA MODELO	CV.	Peso en Kg.	Kg por CV	COMPRESOR		ROTOR		Turbina de fuerza (rpm)	Recuperador
				Pasos y clase	Compresión	Pasos y clase	rpm		
Boeing 502	300	152	0,51	1C	4,5	1A	37.500	29.400	No
Boeing 520	500	155	0,31	1C	6,6	1R	44.500	27.000	No
Chrysler CR 2A	140	204	1,46	1C	4	1A	44.600	45.700	1G
Chrysler A831	130	180	1,40	1C	4	1A	44.600	45.700	2G
Ford	300	295	0,98	1C	16	2A	91.000	37.000	1F
				1C		1R	46.000		
G.M.	225	268	1,15	1C	3,3	1A	33.000	24.000	2G
Rover 2S 140	140	-	-	1C	4	1R	65.000	50.000	2F

Cuadro 1. C, centrífugo. A, axial. G, giratorio R, radial. F, fijo.

por el segundo inyector-quemador J2, donde vuelve a ponerse a 930º para dejar la fuerza motriz en el rotor de potencia RP (a la transmisión S) y el resto en el doble rotor axial de baja RB (que mueve al primer compresor de baja C1. Para la segunda combustión en J2 no hace falta más aire porque entra por A en cantidad varias veces la necesaria, según se dijo. El escape pasa por el recuperador K para salir al silenciador a 390º.

A pesar de la complicación de doble compresor, tres rotores, dos quemadores y un refrigerador, la turbina Ford pesa y gasta menos que otras más sencillas, y ocupa análogo espacio.

7.5. La General Motors

Este fabricante ha ensayado, entre otros, los vehículos Firebird (Pájaro de Fuego). Este último llevaba turbina libre con 200 CV de potencia de 385 Kg. de peso, incluido el cambiador de calor regenerativo. El rotor gira hasta 28.000 rpm.

En el siguiente cuadro se insertan los datos de las turbinas de gas más desarrolladas de las aplicadas a automóviles. De estos siete modelos, pueden considerarse en condiciones de ser montados sobre vehículos de ensayo público el Rover 2S 140 y Chrysler A831. Los prototipos experimentales de Fiat, Mercedes-Benz, Renault (Turbomeca) y Austin aún no están perfectamente desarrollados, sino que se encuentran en periodo de evolución, y por eso no se incluyen en el cuadro 1.

8. EL MOTOR DE PISTONES LIBRES

Una variedad de las aplicaciones de las turbinas de gas a los automóviles fue presentada, en 1956, por la General Motors, con el llamado motor de "pistones libres", ya usado en algunas instalaciones fijas, y utilizado en el vehículo experimental XP-500. En realidad, es una turbina en la que el compresor y los quemadores se han sustituido por un motor con cilindro y émbolo trabajando en forma análoga al Diesel de dos tiempos con doble pistón de la figura 8.50-1ªParte, pero sin balancines, bielas ni cigüeñal; los gases de escape de ese motor (Fig. A.38) son los que pasan por el rotor de la turbina motriz, cuyo eje de giro es el de fuerza para la transmisión. Así, pues, los pistones del motor diesel de inyección direc-

ta, cuyo cilindro es 11, no son los que suministran el esfuerzo útil; éste es producido por completo en la turbina 10 sobre la que actúan los gases de escape que por 9 llegan de 11.

8.1. Funcionamiento

- En A se ven los dos pistones dobles M y N, compuestos cada uno por una parte de gran diámetro 1, deslizable en los cilindros de aire 3, y otra larga y estrecha 2 que es la que trabaja dentro del cilindro de fuego 11. Los émbolos 1 son compresores; los 2, generadores. Ambos pistones dobles M y N están sueltos en sus respectivos cilindros.

También se reseñan esquemáticamente los elementos componentes: 4, válvulas de entrada de aire libre (admisión) a los cilindros 3 (partes internas de los émbolos 1, o sea, del lado de 2): cuando los pistones se separan entra aire por las válvulas 4 (como se ve en B); 7, válvulas de paso de aire 3 que, al ser comprimido cuando se juntan los pistones 1, según se ve en C, pasa a la cámara P; 5, es la lumbrera de admisión del cilindro generador 11, y 6 la de escape que por 9 envía los gases a trabajar a la turbina 10; de ésta salen al exterior por S, verdadero escape al aire libre; el inyector de combustible está en 8.

Los dibujos B, C, D y E explican el ciclo de trabajo,

- B. Separados los pistones 2 por la fuerza de la combustión (flechas gruesas) empujan los émbolos 1 al fondo de los cilindros 3 donde comprimen el aire que sirve de muelle amortiguador; se abren las válvulas 4 y entra aire aspirado por las caras internas de los émbolos 1.

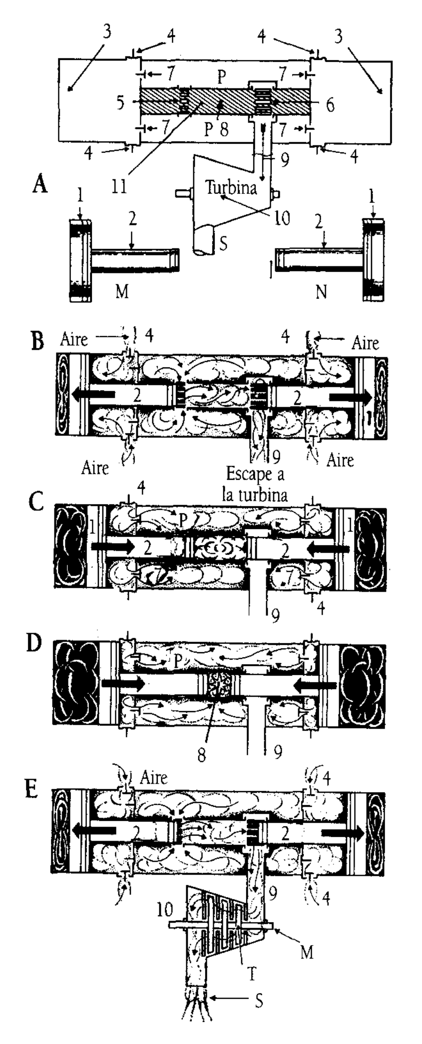


Figura A.38.

- C. El aire comprimido en los fondos de 3 devuelve al centro los émbolos 1-2; los 1 comprimen el aire entrando antes por las válvulas 4, ahora cerradas, pasando por las 7, que se abren, a la cámara de alimentación P que rodea al cilindro de combustión 11 (véanse también los números en el esquema A). Al mismo tiempo, los émbolos 2 se juntan y comprimen fuertemente el aire que acaba de entrar a 11 por la lumbrera de admisión 5.

- D. Al final de la carrera de los émbolos 2 hacia el centro, se inyecta el combustible por el inyector 8, se produce la inflamación espontánea del ciclo Diesel y los émbolos son de nuevo rechazados...

- E... descubriendo primero el 2 de la lumbrera de escape 6, por la que los gases salen del cilindro a 9 para realizar su expansión en los rotores T de la turbina 10, y saliendo al exte-

rior ya sin presión y a baja temperatura, por el verdadero escape S. Poco después el émbolo 2 de la izquierda descubre la lumbrera 3 de admisión por la que entra el aire comprimido y almacenado en P, asegurando el barrido de los quemados y la carga del cilindro 11.

Mientras se realiza la expansión y combustión en 11, los grandes émbolos 1 repiten la compresión del aire al fondo de los cilindros 3, que les sirve de muelle, tal como se vió en B, repitiéndose el ciclo.

Para asegurar a la turbina 10 un suministro continuo de gases, el motor "GM" está formado por dos elementos de pistones libres como el explicado, combinados en forma que mientras uno comprime el otro está en expansión.

8.2. Ventajas

A pesar de la complicación constructiva, las ventajas atribuidas a este motor parecen interesantes. En primer lugar, como los émbolos 2 se acercan y separan a la misma velocidad, sus velocidades propias se suman, de modo que el régimen de trabajo es rápido sin que la velocidad de los pistones respecto a sus cilindros pase de un valor conveniente. Además, como no hay bielas ni cigüeñal (los émbolos "flotan" sueltos dentro de los cilindros; por eso se llaman *pistones libres*), no hay inversión de esfuerzos en bulones, bielas o codos, ni oblicuidad de bielas con esfuerzos de costado en los cilindros, de modo que el engrase puede ser mucho más fácil y eficiente que en los motores ordinarios.

Por otra parte, como en los finales de sus carreras los émbolos se apoyan en "cojines" de aire o gases comprimidos, se suprimen los choques metálicos. El equilibrio es automático y perfecto.

El enfriamiento del cilindro 11, donde tiene lugar la combustión, se efectúa por el aire comprimido en la cámara P que ejerce el papel de un cambiador o recuperador de calor, lo que sirve, como ya se dijo, para mejorar el rendimiento térmico. El sistema de refrigeración, con radiador, bomba, ventilador, etc., queda suprimido.

La turbina es movida por gases cuya temperatura no alcanza, normalmente, los 500° y, en el peor de los casos, no llega a los 600°, o sea, bastante menos calientes que en las turbinas ordinarias. Esto simplifica y abarata la construcción, que, además de no requerir aceros especiales de altísima calidad, resultará más sólida y segura.

En cambio, la velocidad de rotación de la turbina sigue siendo elevada y con rendimiento aceptable dentro de un estrecho margen de variación de velocidad, por lo cual se necesitan un gran desmultiplicador y, además, acoplado a un convertidor de par con cambio de marchas de bastantes combinaciones.

Acaso la principal ventaja de este motor sea su capacidad de consumir cualquier clase de combustible, pues se ha hecho funcionar bien con todos, desde las gasolinas al gasoil, fueloil, mazut e, incluso, aceites vegetales.

Notas

1 **El principal trabajo** se ejecutó en Inglaterra gracias al tesón y capacidad de su iniciador, el aviador militar Frank Whittle, que desde 1930 se empeñó en conseguir un turbo-reactor. Antes de la guerra mundial comenzaron en Alemania trabajos en el mismo sentido que llegaron en 1944 a resultados prácticos y eficaces y muy prometedores; y durante la guerra se envió técnica de Inglaterra a Estados Unidos, los dos principales países fabricantes de turbinas.

2 **La conversión** del movimiento rectilineo y continuo de un fluido en otro movimiento giratorio, aprovechable como fuerza motriz, es de uso antiguo y general: si el fluido es el aire atmosférico en movimiento, se tienen los molinos de viento; si es el agua en las centrales hidroeléctricas se lleva canalizada a presión para hacerla pasar entre los álabes de las turbinas hidráulicas que giran con potencia de miles de caballos y mueven los generadores de electricidad: En las turbinas de vapor, el agua se calienta en calderas desde las que el vapor se lleva a presión a incidir sobre los álabes de la correspondiente turbina.

Faltaba por utilizar la enorme fuerza expansiva de la combustión del petróleo en un chorro de aire, porque la elevada temperatura de los gases destruía rápidamente los álabes de la turbina a que fueron aplicados. Los progresos de la metalurgia permitieron, ya antes de la última guerra, realizar alguna turbina de gas; pero su desarrollo práctico tubo lugar a partir de 1939, y en 1944 comenzaron a ser de uso general. Se encontraron aleaciones niquel-cromo capaces de resistir esfuerzos bajo temperaturas cercanas a los 1.000ºC. durante varias horas seguidas, y apareció en aviación el motor "de chorro" o *reactor,* que fue la primera aplicación práctica en gran escala de las nacientes turbinas de gas.

3 **Éste es el fundamento de los cohetes**, que son también una propulsión "a chorro" o por reacción; pero la diferencia fundamental estriba en que la propulsión cohete no toma oxígeno de la atmósfera, si no que se lleva dentro, bien porque el explosivo (pólvora) no lo necesita para quemarse, bien porque se lleve almacenado, como es el caso de las "bombas volantes", que llevan alcohol como combustible y oxígeno líquido para quemarlo; así fue el origen de los actuales cohetes interplanetarios, que pueden salir de la atmósfera terrestre porque no necesitan su oxígeno para quemar el combustible que los impulsa. En cambio en la propulsión con *turbo-reactores* es indispensable el aire de la atmósfera para formar el chorro.

Para aclara un error frecuente debe señalarse que el empuje no es debido a la reacción de los gases expedidos a gran velocidad, contra el aire de la atmósfera: el chorro no se apoya sobre ésta para dar el empuje, que se obtendría igualmente aunque no hubiese atmósfera, pues aquél es debido al desequilibrio que se explica en la figura 827. Por eso se pueden usar los cohetes para "vuelos" fuera de la atmósfera terrestre.

4 **Cuando el avión** está parado o corre por el aeródromo, su velocidad nula o pequeña hace que el huracán de las hélices sea tan violento respecto al suelo. En vuelo, la corriente de las hélices se las va llevando el avión consigo, de modo que el soplo respecto al suelo se reduce precisamente en la cuantía de la velocidad del aeroplano.

5 **Se ve claro** que el reactor empuja al avión, pero también la hélice hace lo mismo, aunque parece a primera vista que, al "atornillarse" en el aire, "tira" del aeroplano: en realidad, "empuja" sobre el tope delantero de su eje y éste es el que tira del avión, de la misma manera que una mula empuja la collera del arnés, y los tirantes de éste o las varas son las que tiran del carro.

6 **Conviene dejar definidas las palabras** con que se designan los diferentes sistemas. Debe llamarse *motor alternativo o simplemente motor* (sea de explosión o diesel) al de pistones, aplicado a propulsar aviones mediante hélices acopladas. Con el nombre de *turbo-reactor o simplemente reactor* puede designarse el que ejerce su esfuerzo por chorro (y, por tanto usado en aviones sin hélice). *Turbo-propulsor o turbina de gas* propiamente dicha es la que absorbe en el rotor toda la energía de los gases y ofrece potencia de su eje para mover una hélice propulsora en los aviones o las ruedas motrices de un vehículo. Hay turbo-propulsores que reparten la energía disponible entre el eje y el escape y dan potencia en el eje y la fuerza en la tobera de escape E (Fig.. 8.26): son apa-

ratos mixtos calculados expresamente así, por lo que pudieran llamarse *reactor-propulsores.* Por último, queda la *propulsión cohete,* también de reacción, pero que no utiliza el oxígeno del aire, como ya se dijo, por lo que no debe confundirse con los reactores; así, pues, la propulsión por reacción puede hacerse por dos medios: con turbo-reactor o por cohetes; ambos producen chorro, pero el último no necesita de la atmósfera (por lo que es el empleado para ir a la Luna, por ejemplo); mientras que los reactores queman un combustible utilizando oxígeno del aire.

7 **La velocidad lineal** de las puntas de las aspas de una hélice no puede pasar de cierto límite, pues si se acerca a la velocidad del sonido el rendimiento baja notablemente. Por tanto, cuanto más pequeñas sean, más deprisa podrán girar.

8 **Un automóvil** movido por turbina de gas se denomina "turbocar" si es un vehículo ligero; si es un camión se llama "turbocamión", y "turbobús" si es un autobús.

Apéndice V

Datos Prácticos

1. LONGITUD

1.1. Equivalencia entre las unidades de medida inglesa y las métricas

	METRO	PULGADA	PIE	YARDA	MILLA INGLESA	MILLA MARINA
1 metro	—	39,370	3,281	1,094	6,21x10^{-4}	5,40´10^{-4}
1 pulgada	0,0254	—	0,0833	0,0278	1,58x10^{-5}	1,37´10^{-5}
1 pie	0,3048	12	—	0,3333	1,89x10^{-4}	1,65´10^{-4}
1 yarda	0,9144	36	3	—	5,68x10^{-4}	4,93´10^{-4}
1 milla inglesa	1.609,3	63.360	5.280	1.760	—	0,8690
1 milla marina	1.852	72.895	6.076	2.026	1,1508	—

1.2. Reducción de fracciones de pulgada a milímetros:

pulgadas	mm.	pulgadas	mm.	pulgadas	mm.	pulgadas	mm.
1/64	0,39	17/64	6,74	33/64	13,11	49/64	19,47
1/32	0,79	9/32	7,14	17/32	13,49	25/32	19,84
3/64	1,19	19/64	7,55	35/64	13,91	51/64	20,27
1/16	1,59	5/16	7,94	9/16	14,29	13/16	20,64
5/64	1,98	21/64	8,34	37/64	14,70	53/64	14,70
3/32	2,38	11/32	8,73	19/32	15,08	27/32	21,43
7/64	2,78	23/64	9,14	39/64	15,50	55/64	21,86
1/8	3,17	8/8	9,52	5/8	15,87	7/8	22,22
9/64	3,57	25/64	9,93	41/64	16,29	57/64	22,66
5/32	3,97	13/32	10,32	21/32	16,67	29/32	23,02
11/64	4,37	27/64	10,73	43/64	17,09	59/64	23,45
3/16	4,76	7/16	11,11	11/16	17,56	15/16	23,81
13/64	5,16	29/64	11,52	45/64	17,88	61/64	24,24
7/32	5,56	15/32	11,91	23/32	18,26	31/32	24,62
15/64	5,96	31/64	12,32	47/64	18,68	63/64	25,04
1/4	6,35	1/2	12,70	3/4	19,05	1	25,40

1.3. Reducción de pulgadas y fracciones a milímetros:

pulgadas	mm.	pulgadas	mm.	pulgadas	mm.	pulgadas	mm.
2	50,8						
2 1/16	52,4	3 1/16	77,8	4 1/16	103,2	5 1/16	128,6
2 1/8	54,0	3 1/8	79,4	4 1/8	104,8	5 1/8	130,2
2 3/16	55,6	3 3/16	81,0	4 3/16	106,4	5 3/16	131,8
2 1/4	57,1	3 1/4	82,5	4 1/4	107,9	5 1/4	133,3
2 5/16	58,7	3 5/16	84,1	4 5/16	109,5	5 5/16	134,9
2 3/8	60,3	3 3/8	85,7	4 3/8	111,1	5 3/8	136,5
2 7/16	61,9	3 7/16	87,3	4 7/16	112,7	5 7/16	138,1
2 1/2	63,5	3 1/2	88,9	4 1/2	114,3	5 1/2	139,7
2 9/16	65,1	3 9/16	90,5	4 9/16	115,9	5 9/16	141,3
2 5/8	66,7	3 5/8	92,1	4 5/8	117,5	5 5/8	142,9
2 11/16	68,3	3 11/16	93,7	4 11/16	119,1	5 11/16	144,5
2 3/4	69,9	3 3/4	95,2	4 3/4	120,6	5 3/4	146,0
2 13/16	71,4	3 13/16	96,8	4 13/16	122,2	5 13/16	147,6
2 7/8	73,0	3 7/8	98,4	4 7/8	123,8	5 7/8	149,2
2 15/16	74,6	3 15/16	100,0	4 15/16	125,4	5 15/16	150,8
3	76,2	4	101,6	5	127,0	6	152,4

1.4. Reducción de milésimas de pulgada a décimas de milímetro:

0,001´´	=	0,25	decs. mm.	.010´´	=	2,5	decs. mm.	.018´´	=	4,6	decs. mm.
.002´´	=	0,5	"	.011´´	=	2,8	"	.019´´	=	4,8	"
.003´´	=	0,75	"	.012´´	=	3	"	.020´´	=	5,1	"
.004´´	=	1	"	.013´´	=	3,3	"	.021´´	=	5,3	"
.005´´	=	1,3	"	.014´´	=	3,5	"	.022´´	=	5,6	"
.006´´	=	1,5	"	.015´´	=	3,8	"	.023´´	=	5,8	"
.007´´	=	1,8	"	.016´´	=	4,1	"	.024´´	=	6,1	"
.008´´	=	2	"	.017´´	=	4,3	"	.025´´	=	6,3	"
.009´´	=	2,3	"								

2. ÁREAS

2.1. Unidades inglesas a métricas

1 pie cuadrado (sq. ft.) = 0.093 m²
1 milla cuadrada (= 640 acres) =2,6 Km².
1 acre (= 4,840 yardas cuadradas) @ 0,4 hectáreas (Ha)
1 yarda cuadrada = 0,84 m².
1 pie cuadrado = 0,93 m².
1 pulgada cuadrada = 6,45 cm².

2.2. Unidades métricas a inglesas

1 Ha (= 10.000 m²) = 2,5 acres
1 m² = 1,21 yardas cuadradas = 10,8 pies cuadrados

3. VOLÚMENES

3.1. Equivalencia de pulgadas cúbicas (cu. ins.) a centímetros cúbicos. (1 pulgada cúbica = 16,4 cm³)

cu. ins	cc.	cu. ins	cc.	cu. ins	cc.	cu. ins	cc.	cu. ins	cc.
40	655	74	1213	120	1966	195	3195	280	4588
42	688	76	1245	122	2000	200	3277	295	4670
44	721	78	1278	125	2049	205	3359	290	4752
46	754	80	1311	130	2130	210	3431	295	4834
48	787	82	1344	135	2212	215	3523	300	4916
50	819	84	1377	140	2294	220	3605	305	5000
52	852	86	1409	145	2376	225	3687	310	5080
54	885	88	1442	150	2458	230	3769	320	5244
56	918	90	1475	*152,6*	*2500*	235	3851	330	5408
58	950	*91,5*	*1500*	155	2540	240	3933	340	5572
60	983	92	1508	160	2622	*244*	*4000*	350	5735
61	*1000*	94	1540	165	2704	245	4015	360	5899
62	1016	96	1573	170	2786	250	4097	*366*	*6000*
64	1049	98	1606	175	2868	255	4179	370	6063
66	1082	100	1639	180	2950	260	4261	380	6227
68	1114	105	1721	*183*	*3000*	265	4343	390	6391
70	1147	110	1803	185	3032	270	4424	400	6555
72	1180	115	1885	190	3114	275	4506		

1 litro = 1.000 cm³ = 61 pulgadas cúbicas

1 pie cúbico = 0,028 m³
1 galón inglés = (4 quarts ó cuartillos = 8 pintas)= 4,54 litros
1 galón americano = 3,78 litros
1 galón americano = 0,832 galón inglés

4. PESO

1 Kg. = 2,2 libras
1 onza = 28,3 gr.
1 libra = 16 onzas (= 454 gr.)
1 quintal inglés (centweight, *cwt.*) = 112 libras = 50,80 Kg.
1 tonelada inglesa (longton) = 20 cwt. = 2.240 libras = 1016 Kg.
(1 cwt. equivale a 4 arrobas, de 28 libras cada una)
1 quintal americano (hundredweight) = 100 libras = 45,4 Kg.
1 tonelada americana (shortton) = 2.000 libras = 907,2 Kg.

5. PRESIÓN, FUERZA Y POTENCIA

1 Kg/cm² = 14,2 libras por pulgada cuadrada
1 Kg/cm² = 10 metros de columna de agua = 1 atmósfera (atm.)
1 libra por pulgada cuadrada (psi) =0,07 Kg/cm²
1 pie-libra (lb.-ft.) = 0,138 Kilográmetros (Kgm.)
1 Kgm. = 7,2 pies-libra
1 caballo de potencia (CV ó HP) = 75 Kgm/seg. = 543 pies-libras por segundo

6. TEMPERATURA

El gráfico (A-39) permite convertir grados centígrados en Fahrenheit y viceversa. De cualquier forma, para dicha conversión sólo es preciso aplicar las siguientes fórmulas, donde F representa la temperatura en grados Fahrenheit y C la misma, en centígrados.

F = 9/5´(C+32)   C = 5/9´(F-32)

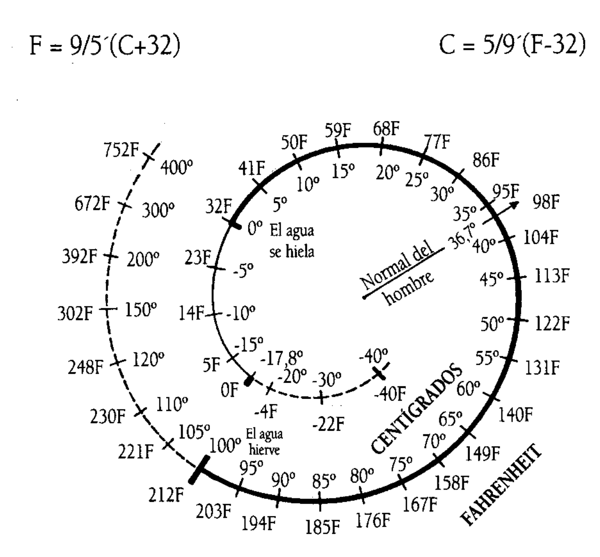


Figura A.39.

7. EVALUACIÓN DEL CONSUMO

El gasto de gasolina se mide en Inglaterra y Estados Unidos por millas de recorrido por galón de gasolina consumido, mientras que en el resto de Europa y Sudamérica se hace en Kilómetros recorridos por cada litro.

1 kilómetro por litro = 2,824 millas por galón
1 milla por galón = 0,355 Kmpor litro

Para convertir de una a otra unidad se pueden emplear las fórmulas siguientes, donde M serán millas por galón y L litros consumidos por cada 100 Km de recorrido.

L = 281 / M (Inglaterra)

L = 235 /M (Estados Unidos)

En el cuadro adjunto se señalan las equivalencias.

Km. / litro	Millas/galón inglés	Millas/galón americano	Litros/100 Km.
20	56	47	5
18	51	43	5,5
16,7	47	39	6
15,4	43	36	6,5
14,3	40	33,6	7
13,3	37,4	31	7,5
12,5	35	29,4	8
11,7	33	27,6	8,5
11,1	31,2	26	9
10,5	29,6	25	9,5
10	*28,1*	*23,5*	*10*
9,1	25,6	21,4	11
8,3	23,4	19,6	12
7,7	21,6	18	13
7,1	20	16,8	14
6,6	18,7	15,6	15
6,2	17,5	14,6	16
5,9	16,5	13,7	17
5,5	15,6	13	18
5,2	14,8	12,3	19
5	*14*	*11,7*	*20*
4,8	13,4	11,2	21
4,5	12,8	10,7	22
4,3	12,2	10,2	23
4,1	11,7	9,8	24
4	*11,2*	*9,4*	*25*

8. MEDIDA DE LA VELOCIDAD

Equivalencia de millas por hora a kilómetros por hora:

10	millas por hora =	16	Km. por hora	60	millas por hora =	96	Km. por hora
20	—	32	—	70	—	112	—
30	—	48	—	80	—	129	—
40	—	64	—	90	—	145	—
50	—	80	—	100	—	160	—

La conversión de Km./h. a m/seg. se realiza dividiendo por 3,6; para la inversa (m/seg. a Km./h.), multiplicar por la misma cifra.

El kilómetro por hora se denomina, en ocasiones con el nombre de ***benz***, unidad práctica de velocidad.

El kilómetro recorrido en un tiempo T determinado representa la velocidad V, en Km./h. o en m/seg. que se obtiene en la tabla siguiente.

T		V	
6´		10 km/hora	2,8 m/seg.
3´		20	2,5
2´	30´´	24	6,7
2´		30	8,3
1´	40´´	36	10
1´	30´´	40	11
1´	20´´	45	12,5
1´	12´´	50	14
1´	5´´	55	15
1´		60	16,6
	55´´	65	18
	51´´	70	19,4
	48´´	75	20,8
	45´´	80	22
	43´´	84	23,3
	42´´	87	24

T	V	
40´´	92 km/h	25,5 m/seg
38´´	96	26,6
36´´	100	28
35´´	103	28,6
34´´	106	29,4
33´´	109	30,3
32´´	112	31,1
31´´	116	32,2
30´´	120	33,4
29´´	124	34,5
28´´	128´5	35,7
27´´	133	37
26´´	138	38,4
25´´	144	40
24´´	150	41,5

Ejemplos de velocidades en metros por segundo (m/s.) y kilómetros por hora (Km/h.)

	m/s.	Km/h.		m/s.	Km/h.
Peatón	1,3	4,7	Sonido en el aire	340	1.224
Caballo al paso	1	3,6	— en el agua	1.435	5.200
— al trote	2,1	7,5	— en madera	3.380	12.200
— al galope	4,5	16	— en hierro	5.000	18.000
— de carreras	12	43	Caída libre		
Galgo	20	72	(primer segundo)	9,8	35
Águila	30	108	Bala de fusil	400 a 650	1.440 a 2340
Paloma mensajera	36	130	Bala de cañón	600 a 1.000	2.160 a 3.600
Barco de vapor	5 a 15	18 a 54	Rotación de la		
Tren mercancías	12	43	Tierra (Ecuador)	465	
— de viajeros	17	61	Traslación de la		
— expreso	25	90	Tierra	29.600	
Viento moderado	3	11	Electricidad y Luz	300 millones	
— de tormenta	15	54			
Huracán	30	108			

9. TABLA DE PENDIENTES

Una pendiente de 1 en	4	es del	25 %	y equivale a un ángulo con la horizontal de	14° 1/2
—	5	—	20 %	—	11° 1/2
—	6	—	17 %	—	9° 1/2
—	7	—	14 %	—	8° 1/2
—	8	—	12,5 %	—	8°
—	9	—	11 %	—	7°
—	10	—	10 %	—	6° 1/2
—	11	—	9 %	—	5° 1/2
—	12	—	8 %	—	5°
—	13	—	7,8 %	—	4° 1/2
—	14	—	7 %	—	4°

10. PESOS COMPARADOS (DENSIDADES) DE DIFERENTES MATERIAS

Sólidos y líquidos			
Agua	1	Papel	0,7 a 1,1
Aluminio	2,6	Hielo	0,92
Duraluminio	2,8	Nieve suelta	0,12
Bronce	8,8	Mercurio	13,6
Cobre	8,9	Aceite de ricino	0,97
Estaño	7,2	— de oliva	0,92
Fundición	7	Ácido sulfúrico	1,2 a 1,9
Acero	7,8	Agua de mar	1,03
Latón	8,5	Glicerina	1,2
Antifricción	7,1	Potasa	1,1 a 1,7
Oro	19,3	Alcohol	0,79
Plata	10,5	Gasolina	0,68 a 0,78
Platino	21,3	Benzol	0,86 a 0,88
Plomo	11,3	Aceite mineral lubricante	0,90 a 0,93
Magnesio	1,7	Petróleo "lampante"	0,79 a 0,82
Tungsteno	19,1	Gasoil	0,83 a 0,87
Cinc	7		
Arena	1,4 a 2	**Gases**	
Arcilla	1,8 a 2,6	Aire	1
Granito	2,5 a 3	Gas de alumbrado	0,4
Arenisca	2,2 a 2,5	Hidrógeno	0,07
Carbón	1,2 a 1,5	Nitrógeno	0,97
Encina seca	0,7 a 1	Oxígeno	1,1
— verde	0,9 a 1,3	Helio	0,14
Haya seca	0,7 a 0,8		
— verde	0,9 a 1,1		
Pino seco	0,4 a 0,7		
— húmedo	0,5 a 1,1		

11. DETERMINACIÓN DE LA CILINDRADA DE UN MOTOR

La cilindrada en centímetros cúbicos se obtiene por medio de la fórmula siguiente, en la cual D es el calibre en cm.; R la carrera en cm., y N el número de cilindros. Como un litro son 1.000 c.c., la cilindrada en litros se expresa por el número obtenido con dicha fórmula dividido entre 1.000.

$$\pi \times D^2/4 \times R \times N$$

Apéndice VI

Datos Reglamentarios

1. GENERALIDADES

La fórmula oficial para determinar la potencia fiscal de un motor de automóvil en España es la siguiente:

$$0.08\ (0{,}785\ d^2\ R)^{0{,}6}\ N$$

D, es el calibre en centímetros; R, la carrera en centímetros, y N, el número de cilindros.

El cálculo con esta fórmula convencional (que sólo tiene fines fiscales de tributación), se inserta en hoja separada en un ábaco o gráfico que permite hacerlo sin efectuar operaciones.

Para motores de dos tiempos la fórmula es la misma, pero en vez del coeficiente 0,08 se usa el 0,11, de modo que el empleo del ábaco es el mismo, pero el resultado obtenido debe multiplicarse por 1,375 obteniéndose así el número de caballos fiscales.

Para fines fiscales no se tiene en cuenta las fracciones de caballo resultantes de la aplicación de la fórmula.

Empleo del ábaco. (Al final del texto)

Conocidos el diámetro y carrera de los cilindros (Fig. A.40) en milímetros, se busca la carrera en la línea baja horizontal, se sigue por su vertical correspondiente hasta el encuentro de la recta inclinada del valor del diámetro: desde el punto de intersección (o interpolando a ojo en caso necesario) se sigue la horizontal a la derecha hasta el encuentro de la escala correspondiente a un cilindro (o a la izquierda para 4, 6 u 8 cilindros). En cada una de estas cuatro escalas figura en su borde derecho la potencia fiscal en CV. y en la izquierda la cilindrada en centímetros cúbicos (cc.).

Si se conoce la cilindrada del motor se obtiene la potencia fiscal leyendo directamente en la escala correspondiente a su número de cilindros. En estas escalas puede comprobarse cómo la fórmula fiscal recarga los motores de más cilindros; por ejemplo, tres motores

de la misma cilindrada, 2.200 cc. y, por tanto, de potencia efectiva sensiblemente análoga, tributan por 14, 16 ó 18 caballos fiscales, según tengan cuatro, seis u ocho cilindros, respectivamente.

Para motores de 2, 12 y 16 cilindros se toma el duplo de las lecturas de las escalas de 1, 6 y 8 cilindros. En cualquier caso, basta multiplicar por el número de cilindros la lectura de la escala de la derecha (1 cilindro).

Ejemplo: un motor de 90 mm. de calibre y 90 mm. de carrera, con 4 cilindros, tiene una cilindrada de 2.400 cm^3 y una potencia fiscal de 14,8 CV.

2. IMPUESTO MUNICIPAL

Por otra parte en el sistema fiscal español se contempla el Impuesto Extraordinario sobre el Patrimonio de las Personas Físicas, que grava todos los elementos patrimoniales de las mismas, y finalmente, existe en la imposición municipal un gravamen específico para todos los vehículos, que es el Impuesto sobre Vehículos de Tracción Mecánica.

Este impuesto es un tributo directo que grava la titularidad de los vehículos de tracción mecánica, aptos para circular por las vías públicas, cualesquiera que sean su clase y categoría. Tiene carácter obligatorio para todos los municipios. Se paga por primera vez cuando se va a matricular el vehículo y posteriormente dentro del primer trimestre de cada año.

Las cuotas de dicho Impuesto se establecen con carácter general en la Ley 39/1988 reguladora de las Haciendas Locales (en su redacción dada por la Ley 50/1998 de Medidas Fiscales, Administrativas y de Orden Social). Los Ayuntamientos pueden incrementarlas en un coeficiente (que en la actualidad no puede ser superior a 2) y aplicar sobre ellas bonificaciones de hasta el 75 por 100, en función de la clase de carburantes que consuma el vehículo y de las características de los motores, en ambos casos, por la incidencia que tengan hacia el medio ambiente.

TARIFAS DEL IMPUESTO SOBRE VEHÍCULOS DE TRACCIÓN MECÁNICA DE 2001

CLASES DE VEHÍCULOS	*CUOTA ANUAL*		*TIPO DE TARIFA*
Turismos: (IVT-1).	En pesetas	En euros	
De menos de 8 HP fiscales.	3.075	18,48	4-A
De 8 hasta 12 HP fiscales.	8.315	49,97	7-A
De más de 12 hasta 16 HP fiscales.	17.550	105,48	9-A
De más de 16 HP fiscales.	21.865	131,41	H-A
De 20 HP en adelante	27.315	164.17	
Autobuses: (IVT-2).			
De menos de 21 plazas.	20.315	122,10	10-A
De 21 a 50 plazas.	28.940	173,93	12-A
De más de 50 plazas.	36.180	217,45	13-A
Camiones: (IVT-3).			
De menos de 1.000 Kg. de carga útil.	10.310	61,96	8-A
De 1.000 a 2.999 Kg. de carga útil.	20.320	122,13	10-A
De más de 2.999 a 9.999 Kg. de carga útil.	28.940	173,93	12-A
De más de 9.999 Kg. de carga útil.	36.180	217,45	13-A
Tractores: (IVT-4).			
De menos de 16 HP fiscales.	4.315	25,93	5-A
De 16 a 25 HP fiscales.	6.775	40,72	8-TR
De más de 25 HP fiscales.	20.320	122,13	10-A
Remolques y semirremolques: (IVT-5).			
De menos de 1.000 Kg. de carga útil.	4.315	25,93	5-R
De 1.000 a 2.999 Kg. de carga útil.	6.775	40,72	8-R
De más de 2.999 Kg. de carga útil.	20.320	122,13	10-R
Otros vehículos: (IVT-6).			
Motocicletas hasta 125 cc.	1.075	6,46	1-R
Motocicletas de más de 125 hasta 250 cc.	1.845	11,09	2-R
Motocicletas de más de 250 hasta 500 cc.	3.690	22,18	3-R
Motocicletas de mas de 500 hasta 1.000 cc.	7.380	44,35	6-R
Motocicletas de más de 1.000 cc.	14.775	88,80	
Ciclomotores: (IVT-7).			
Ciclomotores	1.075	6,46	-

NOTA: El lector ha de consultar con el Ayuntamiento de residencia las tarifas que se exponen en la tabla superior a modo de ejemplo.

3. INICIALES DE LAS PLACAS DE MATRÍCULA

Las letras de la placa de matrícula indican la provincia a la cual pertenece el vehículo. La placa anual de turismos (para residentes en el extranjero, que se encuentran ocasionalmente en España) lleva una cifra antes de las letras indicativas de la provincia, y a la derecha una estrecha faja roja vertical, donde en blanco, se especifican el mes y el año en que caduca.

Los automóviles procedentes de naciones no adheridas al Convenio Internacional de 1926 llevan la indicación XX.

La nacionalidad de matriculación del vehículo se indica con letras negras sobre una placa ovalada en blanco, según la notación que seguidamente se indica. Se expresa primero por orden alfabético de países, y a continuación se inserta la lista de indicaciones por orden alfabético.

Asimismo existen otras matrículas que agrupan dos o tres letras y que están destinadas, generalmente, a los vehículos de organismos oficiales, tales como:

SP	Servicio Público.
CD	Cuerpo Diplomático. (Representantes extranjeros acreditados en el país).
CC	Cuerpo Consular.
EA	Ejército del Aire.
ET	Ejército de Tierra.
FN	Fuerza Naval. (Marina de Guerra).
PMM	Parque Móvil de Ministerios Civiles.
PGC	Parque Móvil de la Guardia Civil.
CPN	Cuerpo de Policía Nacional.
MOP	Ministerio de Obras Públicas.

3.1. Por orden alfabético de provincias

Álava	VI	Albacete	AB	Alicante	A
Almería	AL	Asturias	O	Ávila	AV
Badajoz	BA	Baleares	PM	Barcelona	B
Burgos	BU	Cáceres	CC	Cádiz	CA
Cantabria	S	Castellón	CS	Céuta	CE
Ciudad Real	CR	Córdoba	CO	Coruña, La	C
Cuenca	CU	Girona	GE/GI	Granada	GR
Guadalajara	GU	Guipúzcoa	SS	Huelva	H
Huesca	HU	Jaén	J	León	LE
Lleida	L	Lugo	LU	Madrid	M
Málaga	MA	Melilla	ML	Murcia	MU
Navarra	NA	Orense	OR	Palencia	P
Palmas, Las	GC	Pontevedra	PO	Rioja, La	LO
Salamanca	SA	S.Cruz Ten.	TF	Segovia	SG
Sevilla	SE	Soria	SO	Tarragona	T
Teruel	TE	Toledo	TO	Valencia	V
Valladolid	VA	Vizcaya	BI	Zamora	ZA
Zaragoza	Z				

La orden de 15 de Septiembre de 2000 aprobada por Real Decreto 2822/1998, de 23 de Diciembre, ante la dificultad de continuar con el actual sistema de numeración de matrículas, por estar próximo a agotarse el sistema de numeración y teniendo en cuenta la pertenencia a la Unión Europea, de España, modifica el contenido de las placas de matrícula.

En su artículo único, las redacta:

a) Vehículos automóviles:

El fondo de las placas será retroreflectante, de color blanco. Los caracteres estampados en relieve irán pintados en color negro mate.En las placas de matrícula se inscribirán dos grupos de caracteres constituidos por un número de cuatro cifras, desde el 0000 al 9999, y de tres letras, empezando por las letras BBB y terminando por las letras ZZZ, suprimiéndoselas cinco vocales y las letras N,Q,CH,LL.

Además en la parte izquierda de la placa de matrícula se incluirá, sobre una banda azul dispuesta verticalmente, el símbolo de la bandera europea, que constará de 12 estrellas de color amarillo, y la sigla distintiva de España representada por la letra E de color blanco con las medidas que después se relaccionan en la Orden.

Los automóviles matriculados en España en cuyas placas de matrícula figure la bandera europea y la sigla distintiva de España, cuando circulen por los demás países de la Unión Europea, no será necesario que lleven en su parte posterior el signo de distintivo de la nacionalidad española previsto en la señal V-7 del Anexo XI de este Reglamento.

Después se añaden unas aclaraciones, pero creo que en el libro debe aparecer lo fundamental de la Orden.



3.2. Por orden alfabético de países

Afganistán	AFG
Albania	AL
Alemania	D
Andorra	AND
Argelia	DZ
Argentina	RA
Australia	AUS
Austria	A
Bahamas	BS
Bahrein	BRN
Barbados	BDS
Bélgica	B
Benin (Dahomey)	DY
Birmania	BUR
Bolivia	BOL
Bosnia	BIH
Brasil	BR
Brunei	BRU
Bulgaria	BG
Burundi	RU
Camboya	K
Canadá	CDN
Colombia	CO
Congo (Brazaville)	RCB
Corea	ROK
Costa de Marfil	CI
Costa Rica	CR
Croacia	HR
Cuba	C
Chequia	CZ
Chile	RCH
China	RC
Chipre	CY
Dinamarca	DK
Ecuador	EC
Egipto	ET
El Salvador	ES
Emiratos Árabes	TO
Eslovaquia	SK
Eslovenia	SLO
España	E
Estados Unidos de América	USA
Estonia	ESD
Etiopía	ETH
Féroes (Islas)	FR
Fidji	FJI
Filipinas	RP
Finlandia	FIN
Francia	F
Gambia	WAG
Ghana	GH
Gibraltar	GBZ
Granada	WG
Gran Bretaña	GB
Grecia	GR
Guatemala	GCA
Guayana	GUY
Haití	RH
Holanda	NL
Hong-Kong	HK
Hungría	H
India	IND
Indonesia	RI
Irán	IR
Irak	IRQ
Irlanda	IRL
Islandia	IS
Israel	IL
Italia	I
Jamaica	JA
Japón	J
Jordania	HKJ
Kenia	EAK
Kuwait	KWT
Laos	LAO
Lesotho	LS
Letonia	LV
Líbano	RL
Liberia	LEB
Liechtenstein	FL
Lituania	LT
Luxemburgo	L
Madagascar	RM
Malasia	MAL
Malawi	MW
Malí	RMM
Malta	M
Marruecos	MA
Mauricio	MS
Mauritania	RIM
México	MEX
Mónaco	MC
Nicaragua	NIC
Nigeria	WAN
Noruega	N
Nueva Zelanda	NZ
Pakistán	PK
Panamá	PA
Paraguay	PY
Perú	PE
Polonia	PL
Portugal	P
Qatar	Q
Rep. C. Africana	RCA
Rep. Dominicana	DOM
Ruanda	RWA
Rumanía	RO
Rusia	RUS
Samoa Occidental	WS
San Marino	RSM
Senegal	SN
Seychelles	SY
Sierra Leona	WAL
Singapur	SGP
Siria	SYR
Sri Lanka	CL
Suazilandia	SD
Sudáfrica	ZA
Suecia	S
Suiza	CH
Surinam (Guayana Holandesa)	SME
Thailandia	T
Tanzania	EAZ
Togo	TG
Trinidad y Tobago	TT
Túnez	TN
Turquía	TR
Ucrania	UA
Uganda	EAU
Uruguay	ROU
Vaticano, Ciudad del	V
Venezuela	YV
Vietnam	VN
Yemen del Sur	ADN
Yugoslavia	YU
Zaire	ZRE
Zambia	RNR
Zimbabwé (Rhodesia)	ZW

3.3. Por orden alfabético de signos

A	Austria	GBZ	Gibraltar	RCA	Rep. Cent. Africana
ADN	Yemen del Sur	GCA	Guatemala	RCB	Congo (Brazaville)
AFG	Afganistán	GH	Ghana	RCH	Chile
AL	Albania	GR	Grecia	RH	Haití
AND	Andorra	H	Hungría	RI	Indonesia
AUS	Australia	HK	Hong-Kong	RIM	Mauritania
B	Bélgica	HKJ	Jordania	RL	Líbano
BDS	Barbados	HR	Croacia	RM	Madagascar
BG	Bulgaria	I	Italia	RMM	Mali
BIH	Bosnia	IL	Israel	RNR	Zambia
BOL	Bolivia	IND	India	RO	Rumanía
BR	Brasil	IR	Irán	ROK	Corea
GUY	Guayana	IRL	Irlanda	ROU	Uruguay
BRN	Bahrein	IRQ	Irak	RP	Filipinas
BRU	Brunei	IS	Islandia	RSM	San Marino
BS	Bahamas	J	Japón	ZW	Rhodesia (Zimbabwé)
BUR	Birmania	JA	Jamaica	RU	Burundi
C	Cuba	K	Camboya	RUS	Rusia
CDN	Canadá	KWT	Kuwait	RWA	Ruanda
CH	Suiza	L	Luxemburgo	S	Suecia
CI	Costa de Marfil	LAO	Laos	SD	Suazilandia
CL	Sri Lanka	LEB	Liberia	SGP	Singapur
CO	Colombia	LS	Lesotho	SK	Eslovaquia
CR	Costa Rica	LT	Lituania	SLO	Eslovenia
CY	Chipre	LU	Letonia	SMF	Surinam (Guayana Holandesa)
CZ	Chequia	M	Malta	SN	Senegal
D	Alemania	MA	Marruecos	SY	Seychelles
DK	Dinamarca	MAL	Malasia	SYR	Siria
DOM	Rep. Dominicana	MC	Mónaco	T	Thailandia
DY	Benin (Dahomey)	MEX	México	TG	Togo
DZ	Argelia	MS	Mauricio	TN	Túnez
E	España	MW	Malawi	TO	Emiratos Árabes
EAK	Kenia	N	Noruega	TR	Turquía
EAZ	Tanzania	NIC	Nicaragua	TT	Trinidad y Tobago
EAU	Uganda	WAN	Nigeria	UA	Ucrania
EC	Ecuador	NL	Holanda	USA	EE. UU. de América
ES	El Salvador	NZ	Nueva Zelanda	V	Ciudad del Vaticano
ESD	Estonia	P	Portugal	VN	Vietnam
ET	Egipto	PA	Panamá	WAG	Gambia
ETH	Etiopía	PE	Perú	WAL	Sierra Leona
F	Francia	PK	Pakistán	WG	Granada
FIN	Finlandia	PL	Polonia	WS	Samoa Occidental
FJI	Fidji	PY	Paraguay	YU	Yugoslavia
FL	Liechtenstein	Q	Qatar	YV	Venezuela
FR	Islas Féroes	RA	Argentina	ZA	Sudáfrica
GB	Gran Bretaña	RC	China	ZRE	Zaire

Notas

1**El importe de la cuota** del Impuesto se prorrateará por trimestres naturales en los casos de primera adquisición o baja definitiva del vehículo por la Jefatura de Tráfico.

Apéndice VII

Tablas de Conversión

COMPARACIÓN MÉTRICA/U.S.A.

CANTIDAD	USA	SÍMBOLO MÉTRICO	
Largo	Pulgadas-pies-milla	Metro	m
Peso (masa)	Onza-libra	Kilogramo	Kg
Área	Pulgada-pie cuadrado	Metro cuadrado	m^2
Volumen seco	Pulgada/pie cúbico	Metro cúbico	m^3
Líquido	Onza-pinta-cuarta-galón	Litro	l
Velocidad	Pies por segundo	Metros por segundo	m/s
Velocidad en camino	Millas por hora	Kilómetros por hora	km/h
Fuerza	Libra-fuerza	Newton	N
Torsión	Libras-pie	Metro Newton	N-m
Potencia	Caballos de fuerza	Kilovatio	kV ó kW
Presión	Libras por pulgada cuadrada	Kilopascal	kPa
Temperatura	Grados Farenheit	Grados Kelvin ó Celsio	K ó °C

TABLA DE CONVERSIÓN MÉTRICA-INGLESA

Largo

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
Pulgada	25.4	milímetros (mm)
Pie	0.304 8	metros (m)
Yarda	0.914 4	metros
Milla	1.609	kilómetros (km)

Área

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
Pulgada^2	645.2	milímetro^2 (mm^2)
	6.45	centímetro^2 (cm^2)
Pie^2	0.092 9	metros^2 (m^2)
Yarda^2	0.836 1	metro^2 (m^2)

Volumen

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
Pulgada^3	16387.	mm^3
	16.387	cm^3
	0.016 4	litros (l)
Cuarta	0.946 4	litros
Galón	3.785 4	litros
Yarda^3	0.0764 6	metros^3 (m^3)

Masa

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
Libra	0.453 6	kilogramos (kg)
Tonelada	907.18	kilogramos (kg)
Tonelada	0.907	tonelada (t)

Fuerza

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
Kilogramo	9.807	newtons (N)
Onza	0.278 0	newtons
Libra	4.448	newtons

Temperatura

Grados Farenheit (+32°F) ÷1.8 grados Celsio (C)

°F: −40, 0, 32, 40, 80, 98.6, 120, 160, 200, 212 °F
°C: −40, −20, 0, 20, 37, 40, 60, 80, 100 °C

Aceleración

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
Pie/seg^2	0.304 8	metro/sec^2 (m/s^2)
Pulgada/segundo^2	0.0254 4	metro/sec^2

Torsión

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
Libra-pulgada	0.112 98	metros newton (N-m)
Libra-pie	1.355 8	metros newton

Potencia

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
Caballos de fuerza	0.746	kilovatios (kV)

Presión o Tensión

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
Pulgadas de agua	0.249 1	kilopascales (kPa)
Pulgadas cuadradas/libras	6.895	kilopascales

Energía o trabajo

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
BTU	1 055.	joules (j)
Libra-pie	1.355 8	joules
Kilovatio-hora	3 600 000 a 3.6X10^6	joules (J=1 vatio)

Luz

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
Bujía por pie	1.076 4	lumen/metro^2 (lm/m^2)

Rendimiento de combustible

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
Millas/galón	0.425 1	kilómetros/litro (km/l)
Galón/milla	2.352 7	litros/kilómetro (l/km)

Velocidad

MULTIPLIQUE	POR	PARA TENER EQUIVALENTE
Millas/hora	1.609 3	kilómetros/hora (km/h)

EQUIVALENTES DECIMALES

Milímetro	Decimal	Fracción	Med. de broca	Milímetro	Decimal	Fracción	Med. de broca	Milímetro	Decimal	Fracción	Med. de broca	Milímetro	Decimal	Fracción	Med. de broca	Milímetro	Decimal	Fracción
.1	.0039			1.75	.0689				.1570		22	6.8	.2677			10.72	.4210	27/64
.15	.0059				.0700		50	4.0	.1575			6.9	.2716			11.0	.4330	
.2	.0079			1.8	.0709				.1590		21		.2720		I	11.11	.4075	7/16
.25	.0098			1.85	.0728				.1610		20	7.0	.2756			11.5	.4528	
.3	.0118				.0730		49	4.1	.1614				.2770		J	11.51	.4531	29/64
	.0135		80	1.9	.0748			4.2	.1654			7.1	.2795			11.91	.4687	15/32
.35	.0138				.0760		48		.1660		19		.2811		K	12.0	.4724	
	.0145		79	1.95	.0767			4.25	.1673			7.14	.2812	9/32		12.30	.4843	31/64
.39	.0156	1/64		1.98	.0781	5/64		4.3	.1693			7.2	.2835			12.5	.4921	
.4	.0157				.0785		47		.1695		18	7.25	.2854			12.7	.5000	1/2
	.0160		78	2.0	.0787			4.37	.1719	11/64		7.3	.2874			13.0	.5118	
.45	.0177			2.05	.0807				.1730		17		.2900		L	13.10	.5156	33/64
	.0180		77		.0810		46	4.4	.1732			7.4	.2913			13.49	.5312	17/62
.5	.0197				.0820		45		.1770		16		.2950		M	13.5	.5315	
	.0200		76	2.1	.0827			4.5	.1771			7.5	.2953			13.89	.5469	35/64
	.0210		75	2.15	.0846				.1800		15	7.54	.2968	19/64		14.0	.5512	
.55	.0217				.0860		44	4.6	.1811			7.6	.2992			14.29	.5625	9/16
	.0225		74	2.2	.0866				.1820		14		.3020		N	14.5	.5709	
.6	.0236			2.25	.0885			4.7	.1850		13	7.7	.3031			14.68	.5781	37/64
	.0240		73		.0890		43	4.75	.1870			7.75	.3051			15.0	.5906	
	.0250		72	2.3	.0905			4.76	.1875	3/16		7.8	.3071			15.08	.5937	19/32
.65	.0256			2.35	.0925			4.8	.1890		12	7.9	.3110			15.48	.6094	39/64
	.0260		71		.0935		42		.1910		11	7.94	.3125	5/16		15.5	.6102	
	.0280		70	2.38	.0937	3/32		4.9	.1979			8.0	.3150			15.88	.6250	5/8
.7	.0276			2.4	.0945				.1935		10		.3160		O	16.0	.6299	
	.0292		69		.0960		41		.1960		9	8.1	.3189			16.27	.6406	41/64
.75	.0295			2.45	.0964			5.0	.1968			8.2	.3228			16.5	.6496	
	.0310		68		.0980		40		.1990		8		.3230		P	16.67	.6562	21/32
.79	.0312	1/32		2.5	.0984			5.1	.2008			8.25	.3248			17.0	.6693	
.8	.0315				.0995		39		.2010		7	8.3	.3268			17.06	.6719	43/64
	.0320		67		.1015		38	5.16	.2031	13/64		8.33	.3281	21/64		17.46	.6875	11/16
	.0330		66	2.6	.1024				.2040		6	8.4	.3307			17.5	.6890	
.85	.0335				.1040		37	5.2	.2047				.3320		Q	17.86	.7031	45/64

Milímetro	Decimal	Fracción	Med. de broca	Milímetro	Decimal	Fracción	Med. de broca	Milímetro	Decimal	Fracción	Med. de broca	Milímetro	Decimal	Fracción	Med. de broca	Milímetro	Decimal	Fracción
	.0350		65	2.7	.1063				.2055		5	8.5	.3346			18.0	.7087	
.9	.0354				.1065		36	5.25	.2067			8.6	.3386			18.26	.7187	23/32
	.0360		64	2.75	.1082			5.3	.2086				.3390		R	18.5	.7283	
	.0370		63	2.78	.1094	7/64			.2090		4	8.7	.3425			18.65	.7344	47/64
.95	.0374				.1100		35	5.4	.2126			8.73	.3437	11/32		19.0	.7480	
	.0380		62	2.8	.1102				.2130		3	8.75	.3445			19.05	.7500	3/4
	.0390		61		.1110		34	5.5	.2165			8.8	.3465			19.45	.7656	49/64
1.0	.0394				.1130		33	5.56	.2187	7/32			.3480		S	19.5	.7677	
	.0400		60	2.9	.1141			5.6	.2205			8.9	.3504			19.84	.7812	25/32
	.0410		59		.1160		32		.2210		2	9.0	.3543			20.0	.7874	
1.05	.0413			3.0	.1181			5.7	.2244				.3580		T	20.24	.7969	51/64
	.0420		58		.1200		31	5.75	.2263			9.1	.3583			20.5	.8071	
	.0430		57	3.1	.1220				.2280		1	8.13	.3594	23/64		20.64	.8125	13/16
1.1	.0433			3.18	.1250	1/8		5.8	.2283			9.2	.3622			21.0	.8268	
1.15	.0452			3.2	.1260			5.9	.2323			9.25	.3641			21.03	.8281	53/64
	.0465		56	3.25	.1279				.2340		A	9.3	.3661			21.43	.8437	27/32
1.19	.0469	3/64			.1285		30	5.95	.2344	15/64			.3680		U	21.5	.8465	
1.2	.0472			3.3	.1299			6.0	.2362			9.4	.3701			21.83	.8594	55/64
1.25	.0492			3.4	.1338				.2380		B	9.5	.3740			22.0	.8861	
1.3	.0512				.1360		29	6.1	.2401			9.53	.3750	3/8		22.23	.8750	7/8
	.0520		55	3.5	.1378				.2420		C		.3770		V	22.5	.8858	
1.35	.0531				.1405		28	6.2	.2441			9.6	.3780			22.62	.8906	57/64
	.0550		54	3.57	.1406	9/64		6.25	.2460		D	9.7	.3819			23.0	.9055	
1.4	.0551			3.6	.1417			6.3	.2480			9.75	.3838			23.02	.9062	29/32
1.45	.0570				.1440		27	6.35	.2500	1/4	E	9.8	.3858			23.42	.9219	59/64
1.5	.0591			3.7	.1457			6.4	.2520				.3860		W	23.5	.9252	
	.0595		53		.1470		26	6.5	.2559			9.9	.3898			23.81	.9375	15/16
1.55	.0610			3.75	.1476				.2570		F	9.92	.3906	25/64		24.0	.9449	
1.59	.0625	1/16			.1495		25	6.6	.2598			10.0	.3937			24.21	.9531	61/64
1.6	.0629			3.8	.1496				.2610		G		.3970		X	24.5	.9446	
	.0635		52		.1520		24	6.7	.2638				.4040		Y	24.61	.9687	31/32
1.65	.0649			3.9	.1535			6.75	.2657	17/64		10.32	.4062	13/32		25.0	.9843	
1.7	.0669				.1540		23	6.75	.2657				.4130		Z	25.03	.9844	63/64
	.0670		51	3.97	.1562	5/32			.2660		H	10.5	.4134			25.4	1.0000	1

CÓMO USAR LAS TABLAS DE CONVERSIÓN

La columna a la izquierda está en unidades de 10 (0, 10, 20, 30, etc). La columna superior está en unidades de uno (0, 1, 2, 3, etc).

Ejemplo: Tabla de conversión de pies a pulgadas

pie	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	pie
	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	pulgada	
		12	24	36	48	60	72	84	96	108	
10	120	132	144	156	168	180	192	204	216	228	10
20	240	252	264	276	288	300	312	324	336	348	20
30	360	372	384	396	408	420	432	444	456	468	30
40	480	492	504	516	528	540	552	564	576	588	40
50	600	612	624	636	648	660	672	684	696	708	50

- ***12 pies son 144 pulgadas. Lea desde el 10 y llegue al 2.***
- ***6 pies son 72 pulgadas. Lea en el 6.***

PIES A METROS

pie	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	pie
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	
		0.305	0.610	0.914	1.219	1.524	1.829	2.134	2.438	2.743	
10	3.048	3.353	3.658	3.962	4.267	4.572	4.877	5.182	5.486	5.791	10
20	6.096	6.401	6.706	7.010	7.315	7.620	7.925	8.230	8.534	8.839	20
30	9.144	9.449	9.754	10.058	10.363	10.668	10.973	11.278	11.582	11.887	30
40	12.192	12.497	12.802	13.106	13.411	13.716	14.021	14.326	14.630	14.935	40
50	15.240	15.545	15.850	16.154	16.459	16.764	17.069	17.374	17.678	17.933	50
60	18.288	18.593	18.898	19.202	19.507	19.812	20.117	20.422	20.726	21.031	60
70	21.336	21.641	21.946	22.250	22.555	22.860	23.165	23.470	23.774	24.079	70
80	24.384	24.689	24.994	25.298	25.603	25.908	26.213	26.518	26.822	27.127	80
90	27.432	27.737	28.042	28.346	28.651	28.956	29.261	29.566	29.870	30.175	90
100	30.480	30.785	31.090	31.394	31.669	32.004	32.309	32.614	32.918	33.223	100

METROS A PIES

m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	m
	pie	**pie**	**pie**	**pie**	**pie**	**pie**	**pie**	**pie**	**pie**	**pie**	
		3.2808	6.5617	9.8425	13.1234	16.4042	19.6850	22.9659	26.2467	29.5276	
10	32.8084	36.0892	39.3701	42.6509	45.9318	49.2126	52.4934	55.7743	59.0551	62.3360	10
20	65.6168	68.8976	72.1785	75.4593	78.7402	82.0210	85.3018	88.5827	91.8635	95.1444	20
30	98.4252	101.7060	104.9869	108.2677	111.5486	114.8294	118.1102	121.3911	124.6719	127.9528	30
40	131.2336	134.5144	137.7953	141.0761	144.3570	147.6378	150.9186	154.1995	157.4803	160.7612	40
50	164.0420	167.3228	170.6037	173.8845	177.1654	180.4462	183.7270	187.0079	190.2887	193.5696	50
60	196.8504	200.1312	203.4121	206.6929	209.9738	213.2546	216.5354	219.8163	223.0971	226.3780	60
70	229.6588	232.9396	236.2205	239.5013	242.7822	246.0630	249.3438	252.6247	255.9055	259.1864	70
80	262.4672	265.7480	269.0289	272.3097	275.5906	278.8714	282.1522	285.4331	288.7139	291.9948	80
90	295.2756	298.5564	301.8373	305.1181	308.3990	311.6798	314.9606	318.2415	321.5223	234.8032	90
100	328.0840	331.3648	334.6457	337.9265	341.2074	344.4882	347.7690	351.0499	354.3307	357.6116	100

MILLAS A KILÓMETROS

milla	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	milla
	km	**km**	**km**	**km**	**km**	**km**	**km**	**km**	**km**	**km**	
		1.609	3.219	4.828	6.437	8.047	9.656	11.265	12.875	14.484	
10	16.093	17.703	19.312	20.921	22.531	24.140	25.750	27.359	28.968	30.578	10
20	32.187	33.796	35.406	37.015	38.624	40.234	41.843	43.452	45.062	46.671	20
30	48.280	49.890	51.499	53.108	54.718	56.327	57.936	59.546	61.155	62.764	30
40	64.374	65.983	67.593	69.202	70.811	72.421	74.030	75.639	77.249	78.858	40
50	80.467	82.077	83.686	85.295	86.905	88.514	90.123	91.733	93.342	94.951	50
60	96.561	98.170	99.779	101.39	103.00	104.61	106.22	107.83	109.44	111.04	60
70	112.65	114.26	115.87	117.48	119.09	120.70	122.31	123.92	125.53	127.14	70
80	128.75	130.36	131.97	133.58	135.19	136.79	138.40	140.01	141.62	143.23	80
90	144.84	146.45	148.06	149.67	151.28	152.89	154.50	156.11	157.72	159.33	90
100	160.93	162.54	164.15	165.76	167.37	168.98	170.59	172.20	173.81	175.42	100

Kilómetros a millas

km	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	km
	mil	mil	mil	mil	mil	mil	mil	mil	mil	mil	
		0.621	1.243	1.864	2.486	3.107	3.728	4.350	4.971	5.592	
10	6.214	6.835	7.457	8.078	8.699	9.321	9.942	10.562	11.185	11.805	10
20	12.427	13.049	13.670	14.292	14.913	15.534	16.156	16.776	17.399	18.019	20
30	18.641	19.263	19.884	20.506	21.127	21.748	22.370	22.990	23.613	24.233	30
40	24.855	25.477	26.098	26.720	27.341	27.962	28.584	29.204	29.827	30.447	40
50	31.069	31.390	32.311	32.933	33.554	34.175	34797	35.417	36.040	36.660	50
60	37.282	37.904	38.525	39.174	39.768	40.389	41.011	41.631	42.254	42.874	60
70	43.497	44.118	44.739	45.361	45.982	46.603	47.225	47.845	48.468	49.088	70
80	49.711	50.332	50.953	51.575	52.196	52.817	53.439	54.059	54.682	55.302	80
90	55.924	56.545	57.166	57.788	58.409.	59.030	59.652	60.272	60.895	61.515	90
100	62.138	62.759	63.380	64.002	64.623	65.244	65.866	66.486	67.109	67.729	100

Galones (US) a litros

U.S. gal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	U.S. gal
	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	
		3.7854	7.5709	11.3563	15.1417	18.9271	22.7126	26.4980	30.2834	34.0638	
10	37.8543	41.6397	45.4251	49.2105	52.9960	56.7814	60.5668	64.3523	68.1377	71.9231	10
20	75.7085	79.4940	83.2794	87.0648	90.8502	94.6357	98.4211	102.2065	105.9920	109.7774	20
30	113.5528	117.3482	121.1337	124.9191	128.7045	132.4899	136.2754	140.0608	143.8462	147.6316	30
40	151.4171	155.2025	158.9879	162.7734	166.5588	170.3442	174.1296	177.9151	181.7005	185.4859	40
50	189.2713	193.0568	196.8422	200.6276	204.4131	208.1985	211.9839	215.7693	219.5548	223.3402	50
60	227.1256	230.9110	234.6965	238.4819	242.2673	246.0527	249.8382	253.6236	257.4090	261.1945	60
70	264.9799	268.7653	272.5507	276.3362	280.1216	283.9070	287.6924	291.4779	295.2633	299.0487	70
80	302.8342	306.6196	310.4050	314.1904	317.9759	321.7613	325.5467	329.3321	333.1176	336.9030	80
90	340.6884	344.4738	348.2593	352.0447	355.8301	359.6156	363.4010	367.1864	370.9718	374.7573	90
100	378.5427	382.3281	386.1135	389.8990	393.6844	397.4698	401.2553	405.0407	408.8261	412.6115	100

LITROS A GALONES (US)

L	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	L
	gal	**gal**	**gal**	**gal**	**gal**	**gal**	**gal**	**gal**	**gal**	**gal**	
		0.2642	0.5283	0.7925	1.0567	1.3209	1.5850	1.8492	2.1134	2.3445	
10	2.6417	2.9059	3.1701	3.4342	3.6984	3.9626	4.2267	4.4909	4.7551	5.0192	10
20	5.2834	5.5476	5.8118	6.0759	6.3401	6.6043	6.8684	7.1326	7.3968	7.6610	20
30	7.9251	8.1893	8.4535	8.7176	8.9819	9.2460	9.5102	9.7743	10.0385	10.3027	30
40	10.5668	10.8310	11.0952	11.3594	11.6235	11.8877	12.1519	12.4160	12.6802	12.9444	40
50	13.2086	13.4727	13.7369	14.0011	14.2652	14.5294	14.7936	15.0577	15.3219	15.5861	50
60	15.8503	16.1144	16.3786	16.6428	16.9069	17.1711	17.4353	17.6995	17.9636	18.2278	60
70	18.4920	18.7561	19.0203	19.2845	19.5487	19.8128	20.0770	20.3412	20.6053	20.8695	70
80	21.1337	21.3979	21.6620	21.9262	22.1904	22.4545	22.7187	22.9829	23.2470	23.5112	80
90	23.7754	24.0396	24.3037	24.5679	24.8321	25.0962	25.3604	25.6246	25.8888	26.1529	90
100	26.4171	26.6813	26.9454	27.2096	27.4738	27.7380	28.0021	28.2663	28.5305	28.7946	100

GALONES (IMPERIALES)[1] A LITROS

IMP gal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	IMP gal
	L	**L**	**L**	**L**	**L**	**L**	**L**	**L**	**L**	**L**	
		4.5460	9.0919	13.6379	18.1838	22.7298	27.2758	31.8217	36.3677	40.9136	
10	45.4596	50.0056	54.5515	59.0975	63.6434	68.1894	72.2354	77.2813	81.8275	86.3732	10
20	90.9192	95.4652	100.0111	104.5571	109.1030	113.6490	118.1950	122.7409	127.2869	131.8328	20
30	136.3788	140.9248	145.4707	150.0167	154.5626	159.1086	163.6546	168.0005	172.7465	177.2924	30
40	181.8384	186.3844	190.9303	195.4763	200.0222	204.5682	209.1142	213.6601	218.2061	222.7520	40
50	227.2980	231.8440	236.3899	240.9359	245.4818	250.0278	254.5738	259.1197	263.6657	268.2116	50
60	272.7576	277.3036	281.8495	286.3955	290.9414	295.4874	300.0334	304.5793	309.1253	313.6712	60
70	318.2172	322.7632	327.3091	331.8551	336.4010	340.9470	345.4930	350.0389	354.5849	359.1308	70
80	363.6768	368.2223	372.7687	377.3147	381.8606	386.4066	390.9526	395.4985	400.0445	404.5904	80
90	409.1364	413.6824	418.2283	422.7743	427.3202	431.8662	436.4122	440.9581	445.9041	450.0500	90
100	454.5960	459.1420	463.6879	468.2339	472.7798	477.3258	481.8718	486.4177	490.9637	495.5096	100

1. Imperiales; medida inglesa.

LITROS A GALONES (IMPERIALES)

L	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	L
	gal	gal	gal	gal	gal	gal	gal	gal	gal	gal	
		0.2200	0.4400	0.6599	0.8799	1.0999	1.3199	1.5398	1.7598	1.9798	
10	2.1998	2.4197	2.6397	2.8597	3.0797	3.2996	3.5196	3.7396	3.9596	4.1795	10
20	4.3995	4.6195	4.8395	5.0594	5.2794	5.4994	5.7194	5.9394	6.1593	6.3793	20
30	6.5593	6.8193	7.0392	7.2592	7.4792	7.6992	7.9191	8.1391	8.3591	8.5791	30
40	8.7990	9.0190	9.2390	9.4590	9.6789	9.8989	10.9189	10.3389	10.5588	10.7788	40
50	10.9988	11.2188	11.4388	11.6587	11.8787	12.0987	12.3187	12.5386	12.7586	12.9786	50
60	13.1986	13.4185	13.6385	13.8585	14.0785	14.2984	14.5184	14.7384	14.9584	15.1783	60
70	15.3983	15.6183	15.8383	16.0582	16.2782	16.4982	16.7182	16.9382	17.1581	17.3781	70
80	17.5981	17.8181	18.0380	18.2580	18.4780	18.6980	18.9179	19.1379	19.3579	19.5779	80
90	49.7978	20.0178	20.2378	20.4578	20.6777	20.8977	21.1177	21.3377	21.5576	21.7776	90
100	21.9976	22.2176	22.4376	22.6575	22.8775	23.0975	23.3175	23.5374	23.7574	23.9774	100

LIBRAS A KILOGRAMOS

lb	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	lb
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	
		0.454	0.907	1.361	1.814	2.268	2.722	3.175	3.629	4.082	
10	4.536	4.990	5.443	5.897	6.350	6.804	7.257	7.711	8.165	8.618	10
20	9.072	9.525	9.979	10.433	10.886	11.340	11.793	12.247	12.701	13.154	20
30	13.608	14.061	14.515	14.969	15.422	15.876	16.329	16.783	17.237	17.690	30
40	18.144	18.597	19.051	19.504	19.958	20.412	20.865	21.319	21.772	22.226	40
50	22.680	23.133	23.587	24.040	24.494	24.948	25.401	25.855	26.308	26.762	50
60	27.216	27.669	28.123	28.576	29.030	29.484	29.937	30.391	30.844	31.298	60
70	31.751	32.205	32.659	33.112	33.566	34.019	34.473	34.927	35.380	35.834	70
80	36.287	36.741	37.195	37.648	38.102	38.555	39.009	39.463	39.916	40.370	80
90	40.823	41.277	41.730	42.184	42.638	43.092	43.545	43.998	44.453	44.906	90
100	45.359	45.813	46.266	46.720	47.174	47.627	48.081	48.534	48.988	49.442	100

KILOGRAMOS A LIBRAS

kg	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	kg
	lb	**lb**	**lb**	**lb**	**lb**	**lb**	**lb**	**lb**	**lb**	**lb**	
		2.205	4.409	6.614	8.818	11.023	13.228	15.432	17.637	19.842	
10	22.046	24.251	26.455	28.660	30.865	33.069	35.274	37.479	39.683	41.888	10
20	44.092	46.297	48.502	50.706	52.911	55.116	57.320	59.525	61.729	63.934	20
30	66.139	68.343	70.548	72.752	74.957	77.162	79.366	81.571	83.776	85.980	30
40	88.185	90.389	92.594	94.799	97.003	99.208	101.41	103.62	105.82	108.03	40
50	110.23	112.44	114.64	116.84	119.05	121.25	123.46	125.66	127.87	130.07	50
60	132.28	134.48	136.69	138.89	141.10	143.30	145.51	147.71	149.91	152.12	60
70	154.32	156.53	158.73	160.94	163.14	165.35	167.55	169.76	171.96	174.17	70
80	176.37	178.57	180.78	182.98	185.19	187.39	189.60	191.80	194.01	196.21	80
90	198.42	200.62	202.83	205.03	207.23	209.44	211.64	213.85	216.05	218.26	90
100	220.46	222.67	224.87	227.08	229.28	231.49	233.69	235.89	238.10	240.30	100

LIBRAS POR PULGADA CUADRADA A KILOPASCALES

lb/in²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	lb/in²
	kPa	**kPa**	**kPa**	**kPa**	**kPa**	**kPa**	**kPa**	**kPa**	**kPa**	**kPa**	
	0.000	6.8948	13.7895	20.6843	27.5790	34.4738	41.3685	48.2663	55.1581	62.0528	
10	68.9476	75.8423	82.7371	89.6318	96.5266	103.4214	110.3161	117.2109	124.1056	131.0004	10
20	137.8951	144.7899	151.6847	158.5794	165.4742	172.3689	179.2637	186.1584	193.0532	199.9480	20
30	206.8427	213.7375	220.6322	227.5270	234.4217	241.3165	248.2113	255.1060	262.0008	268.8955	30
40	275.7903	282.6850	289.5798	296.4746	303.3693	310.2641	317.1588	324.0536	330.9483	337.8431	40
50	344.7379	351.6326	358.5274	365.4221	372.3169	379.2116	386.1064	393.0012	399.8959	406.7907	50
60	412.6854	420.5802	427.4749	434.3697	441.2645	448.1592	455.0540	461.9487	468.8435	475.7382	60
70	482.6330	489.5278	496.4225	503.3173	510.2120	517.1068	524.0015	530.8963	537.7911	544.6858	70
80	551.5806	558.4753	565.3701	572.2648	579.1596	586.0544	592.9491	599.8439	606.7386	613.6334	80
90	620.5281	627.4229	634.3177	641.2124	648.1072	655.0019	661.8967	668.7914	675.6862	682.5810	90
100	689.4757	696.3705	703.2653	710.1601	717.0549	723.9497	730.8445	737.7393	744.6341	751.5289	100

Kilopascales a libras por pulgada cuadrada

kPa	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	kPa
	lb/in^2	lb/in^2	lb/in^2	lb/in^2	lb/in^2	lb/in^2	lb/in^2	lb/in^2	lb/in^2	lb/in^2	
		0.1450	0.2901	0.4351	0.5801	0.7252	0.8702	1.0153	1.1603	1.3053	
10	1.4504	1.5954	1.7404	1.8855	2.0305	2.1556	2.3206	2.4656	2.6107	2.7557	10
20	2.9007	3.0458	3.1908	3.3359	3.4809	3.6259	3.7710	3.9160	4.0610	4.2061	20
30	4.3511	4.4961	4.6412	4.7862	4.9313	5.0763	5.2213	5.3664	5.5114	5.6564	30
40	5.8015	5.9465	6.0916	6.2366	6.3816	6.5267	6.6717	6.8167	6.9618	7.1068	40
50	7.2518	7.3969	7.5419	7.6870	7.8320	7.9770	8.1221	8.2671	8.4121	8.5572	50
60	8.7022	8.8473	8.9923	9.1373	9.1824	9.4274	9.5724	9.7175	9.8625	10.0076	60
70	10.1526	10.2976	10.4427	10.5877	10.7327	10.8778	11.0228	11.1678	11.3129	11.4579	70
80	11.6030	11.7480	11.8930	12.0381	12.1831	12.3281	12.4732	12.6182	12.7633	12.9083	80
90	13.0533	13.1984	13.3434	13.4884	13.6335	13.7785	13.9236	14.0686	14.2136	14.3587	90
100	14.5037	14.6487	14.7938	14.9388	15.0838	15.2289	15.3739	15.5190	15.6640	15.8090	100

Pies libras a metros Newton

ft-lb	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	ft-lb
	N-m	N-m	N-m	N-m	N-m	N-m	N-m	N-m	N-m	N-m	
		1.3558	2.7116	4.0675	5.4233	6.7791	8.1349	9.4907	10.8465	12.2024	
10	13.5582	14.9140	16.2698	17.6256	18.9815	20.3373	21.6931	23.0489	24.4047	25.7605	10
20	27.1164	28.4722	29.8280	31.1838	32.5396	33.8954	35.2513	36.6071	37.9629	39.3187	20
30	40.6745	42.0304	43.3862	44.7420	46.0978	47.4536	48.8094	50.1653	51.5211	52.8769	30
40	54.2327	55.5885	56.9444	58.3002	59.6560	61.0118	62.3676	63.7234	65.0793	66.4351	40
50	67.7909	69.1467	70.5025	71.8584	73.2142	74.5700	75.9258	77.2816	78.6374	79.9933	50
60	81.3491	82.7049	84.0607	85.4165	86.7724	88.1282	89.4840	90.3898	92.1956	93.5514	60
70	94.9073	96.2631	97.6189	98.9747	100.3305	101.6863	103.0422	104.3980	105.7538	107.1096	70
80	108.4654	109.8213	111.1771	112.5329	113.8887	115.2445	116.6003	117.9562	119.3120	120.6678	80
90	122.0236	123.3794	124.7353	126.0911	127.4469	128.8027	130.1585	131.5143	132.8702	134.2260	90
100	135.5818	136.9376	138.2934	139.6493	141.0051	142.3609	143.7167	145.0725	146.4283	147.7842	100

METROS NEWTON A PIES LIBRAS

N-m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	N-m
	ft-lb	**ft-lb**	**ft-lb**	**ft-lb**	**ft-lb**	**ft-lb**	**ft-lb**	**ft-lb**	**ft-lb**	**ft-lb**	
		0.7376	1.4751	2.2127	2.9502	3.6878	4.4254	5.1692	5.9005	6.6381	
10	7.3756	8.1132	8.8507	9.5883	10.3258	11.0634	11.8010	12.5385	13.2761	14.0136	10
20	14.7512	15.4888	16.2264	16.9639	17.7015	18.4390	19.1766	19.9142	20.6517	21.3893	20
30	22.1269	22.8644	23.6020	24.3395	25.0771	25.8147	26.5522	27.2898	28.0274	28.7649	30
40	29.5025	30.2400	30.9776	31.7152	32.4527	33.1903	33.9279	34.6654	35.4030	36.1405	40
50	36.8781	37.6157	38.3532	39.0908	39.8283	40.5659	41.3035	42.0410	42.7786	43.5162	50
60	44.2537	44.9913	45.7288	46.4664	47.2040	47.9415	48.6791	49.4167	50.1542	50.8918	60
70	51.6293	52.3669	52.1045	53.8420	54.5796	55.3171	56.0547	56.7923	57.5298	58.2674	70
80	59.0050	59.7425	60.4801	61.2176	61.9552	62.6928	63.4303	64.1679	64.9055	65.6430	80
90	66.3806	67.1181	67.8557	68.5933	69.3308	70.0684	70.8060	71.5435	72.2811	73.0186	90
100	73.7562	74.4938	75.2313	75.9689	76.7064	77.4440	78.1816	78.9191	79.6567	80.3943	100

Índice Alfabético

B



C

J

K

L

LL

M

Q

R



ARIAS-PAZ

MANUAL DE AUTOMÓVILES



En esta 55ª edición del *Manual de Automóviles* de Arias-Paz se mantiene el criterio que el autor expuso en la Primera Edición, publicada en 1940: *"buscar el máximo de concisión y claridad"*. Como Manual, compendia todo lo esencial del automóvil. Y también este libro pretende mantenerse vivo, adaptándose a las novedades técnicas que han ido apareciendo, pero sin cambiar la esencia de su didáctica y sus exposiciones, que son las que han hecho de esta obra el libro de mecánica en castellano más vendido de la historia. Se ha incorporado numerosas figuras nuevas de elementos actuales, sobre todo en algunos capítulos renovados por completo. La combinación sencilla de textos y figuras facilita la atención del lector, como ha venido ocurriendo desde hace más de sesenta años, cuando se publicó la primera edición.



www.ciedossat.com


ISBN: 84-89656-58-4